

EINE NEUE METHODE DER
KONNEKTORDESINFEKTION ZUR
PERITONITISPROPHYLAXE BEI CHRONISCHER
PERITONEALDIALYSE

ANNELIESE THOMAE

1987





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554816_0069

Aus der VI. Medizinischen Abteilung des Akademischen
Lehrkrankenhauses München - Schwabing
(Leiter: Prof. Dr. med., Dr. med. dent. H. Kuhlmann)

EINE NEUE METHODE DER KONNEKTORDESINFEKTION
ZUR PERITONITISPROPHYLAXE BEI CHRONISCHER
PERITONEALDIALYSE

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Anneliese Thomae
aus
Marktbreit

1987

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. H. Kuhlmann

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Mehnert

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. U. Thomae

Dekan: Prof. Dr. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 10. 12. 1987

Meiner Mutter

in Dankbarkeit

gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. EINLEITUNG	1
2. ALLGEMEINER TEIL	4
2.1 Physikalisch-chemische Grundlagen	4
2.2 Technische Voraussetzungen	9
2.3 Durchführung von IPD, CAPD und CCPD	12
2.4 Indikationen zur Peritonealdialyse	17
2.5 Kontraindikationen	20
2.6 Vorteile der chronischen Peritoneal- dialyse	22
2.7 Nachteile der chronischen Peritoneal- dialyse	24
2.8 Komplikationen	25
2.9 Möglichkeiten zur Verhinderung einer Peritonitis	32
3. SPEZIELLER TEIL	35
3.1 Gerätebeschreibung	35
3.2 Konnektorbeschreibung	36
3.3 Referenzkeim	39
3.4 Verwendete Materialien	39
3.5 Methodik	41
3.6 Ergebnisse	44
3.7 Diskussion	60
4. ZUSAMMENFASSUNG	65
5. LITERATURVERZEICHNIS	68

1. EINLEITUNG

Die ersten Versuche, die sich mit der Funktion des Peritoneums befaßten, führte Wegner 1877 durch (84). Im Tierversuch konnte er feststellen, daß bei intraabdomineller Verwendung physiologischer Kochsalzlösung eine Minderung, bei hochprozentiger Zuckerlösung eine Vermehrung der intraperitonealen Flüssigkeitsmenge auftrat.

Starling und Tubby konnten dieses Phänomen ebenfalls beobachten. Aufgrund ihrer Experimente kamen sie zu dem Schluß, daß vorwiegend die Blutgefäße für die Vorgänge am Peritoneum verantwortlich sind (70).

Rosenak und Siwon untersuchten 1926 die Wirkung der Peritonealdialyse bei urämischen Hunden (63). Sie stellten fest, daß eine langerdauernde Durchspülung der Bauchhöhle mit physiologischer Kochsalzlösung zu einem Abfall der harnpflichtigen Substanzen und einer Besserung der Urämiesymptome führte. Aufgrund dieser Ergebnisse empfahlen sie die Peritonealdialyse in Form einer längerdauernden Durchspülung bei akut lebensbedrohlichen, urämischen Zuständen.

Die erste Peritonealdialyse beim Menschen hatte Ganter bereits 1923 durchgeführt (21). Er instillierte einer urämischen Patientin 1,5 Liter physiologische Kochsalzlösung in die Bauchhöhle. Dabei gewann er den Eindruck, daß der Verlauf der Urämie eine Verzögerung erfuhr. Ein zweiter Versuch wurde bei einem Patienten mit Coma diabeticum unternommen, dabei wurden 3 Liter physiologische Kochsalzlösung intraperitoneal verabreicht. Dieser Patient klarte soweit wieder auf, daß er sich mit seinen Angehörigen verständigen konnte.

Heuser und Werder (29) nahmen 1927 bei drei Patienten Peritonealdialysen vor, die jedoch wegen einer zu geringen Spülmenge ohne Erfolg blieben. Balazs und Rosenak (3) behandelten 1934 zwei Patienten mit Sublimaturie, wobei jeweils zwei mehrfach perforierte Kanülen über Knopflochlaparatomien in die Bauchhöhle eingebracht wurden. Die Dialysedauer lag bei 30 bzw. 90 Minuten. Es gelang, die Rest-N-Konzentration um 24 resp. 9,67 mg % zu senken.

Eine intermittierende Peritonealdialyse (IPD) wurde 1938 erstmals von Rhoads an zwei Patienten mit chronischer Nephritis durchgeführt (62). Im gleichen Jahr dialysierten Wear, Sisk und Trinkle (83) fünf Patienten in kontinuierlichem Verfahren mit klinischem Erfolg über zwei bis acht Stunden.

Die Weiterentwicklung der Peritonealdialyse setzte erst nach Beendigung des zweiten Weltkrieges ein (1, 6, 26), insbesondere, nachdem 1951 durch Einführung des Einwegverfahrens mit intermittierendem Zu- und Ablauf durch den gleichen Abdominal-Katheter die Durchführung der Peritonealdialyse erheblich erleichtert wurde (25).

Durch weitere Verbesserungen dieser Technik (41, 71, 85) wurde diese Methode zu einem etablierten Verfahren in der Klinik, auch wurde schon frühzeitig versucht, die IPD als Heimdialyseverfahren durchzuführen (72).

In breiterem Umfang war dies aber erst in Form der kontinuierlichen ambulanten Peritonealdialyse (CAPD) möglich, die von Popovich eingeführt (57) und von Oreopoulos noch weiter verbessert wurde (50).

Eine Modifikation dieser Methode stellt die kontinuierliche cyclische Peritonealdialyse (CCPD) dar, bei welcher der Patient, im Gegensatz zur CAPD, nur nachts mit Hilfe eines automatischen Steuergerätes dialysiert und damit während des Tages nicht durch die Dialyse behindert wird (13, 59).



2. ALLGEMEINER TEIL

2.1 Physikalisch-chemische Grundlagen

Bei der Dialyse handelt es sich um ein Verfahren, welches 1861 in der physikalischen Chemie eingeführt wurde (24). Es dient der Trennung hochmolekularer von niedermolekularen Stoffen über eine porenhaltige Membran nach dem Diffusionsprinzip.

Hierbei permeieren in wässriger Lösung befindliche Moleküle, entsprechend einem Konzentrationsgefälle, die Membran, sofern ihre Molekulargröße die Porengröße nicht überschreitet. Die Permeation erfolgt zur Seite der geringeren Konzentration.

Auf medizinische Verhältnisse übertragen bedeutet dies, daß dem Blut, welches sich auf der einen Seite der Membran befindet, Stoffe, z.B. die bei Urämie akkumulierten harnpflichtigen Substanzen Harnstoff, Kreatinin und Harnsäure, entzogen werden können, sofern sich auf der anderen Seite der Membran eine Spüllüssigkeit befindet, die frei von diesen Stoffen ist, oder diese zumindest in geringerer Menge enthält.

So kann auch der bei Urämie schwer gestörte Elektrolyt-haushalt auf diese Weise korrigiert werden. Durch Verwendung kaliumarmer Spüllösungen ist es möglich, dem Blut Kalium zu entziehen und damit einer oft bedrohlichen Hyperkaliämie entgegenzuwirken.

Umgekehrt kann durch Zusatz von Calcium zur Spüllösung, die auf einer Störung des Vitamin-D-Metabolismus beruhenden Hypocalcämie wirksam behandelt werden. Voraussetzung ist jedoch immer eine Aufrechterhaltung des

Konzentrationsgefälles, so daß die Spüllösung kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen erneuert werden muß.

Ein wichtiger Faktor ist in diesem Zusammenhang auch die Selektivität der Membran. Deren Porengröße muß so beschaffen sein, daß kein Übertritt lebensnotwendiger Blutbestandteile (Eiweiß, Blutkörperchen) erfolgt. Neben der Diffusion spielt die Osmose bei einer derartigen Membran eine entscheidende Rolle. Übersteigt die Molekülgröße die Porengröße, so tritt Wasser bis zum Konzentrationsausgleich von der Seite niedriger auf die Seite höherer Konzentration über.

Dieser Vorgang besitzt erhebliche praktische Bedeutung, da bei niereninsuffizienten Patienten letztlich eine Oligo- bzw. Anurie mit konsekutiver Wasserretention besteht. Durch Zusatz einer osmotisch wirksamen Substanz - in der Regel Glukose - zur Spüllösung, kann auf diesem Wege eine Hyperhydratation beseitigt werden.

Ein Wasserentzug ist nicht nur durch osmotisch wirksame Kräfte möglich, sondern auch durch Ultrafiltration infolge eines hydrostatischen Gefälles, d.h. durch einen Überdruck auf der Blutseite oder einen Unterdruck auf der Spüllösungsseite der Membran gelingt es, dem Körper Wasser zu entziehen.

Während das Verfahren der osmotisch wirksamen Kräfte vor allem bei der Peritonealdialyse Anwendung findet, wird bei der Hämodialyse der Wasserentzug mittels Ultrafiltration gesteuert.

Als semipermeable Membran wird bei der Peritonealdialyse das Peritoneum benutzt. Bei der Hämodialyse, als ex-

trakorporales Verfahren, werden Cuprophanmembranen verwendet, so daß der Wasserentzug ultrafiltrationsgesteuert erfolgt.

Bezüglich der Effektivität ist die Cuprophanmembran dem natürlichen Peritoneum weit überlegen. So beträgt der zeitliche Gesamtaufwand bei der Hämodialyse 12-15 Stunden pro Woche, bei der intermittierenden Peritonealdialyse ca. 40 Stunden pro Woche. Dieser Effektivitätsunterschied beruht vor allem auf der Struktur des Peritoneums.

Während bei der Hämodialyse Blut und Spülflüssigkeit nur durch die Cuprophanmembran getrennt, im Gegenstrom aneinander vorbeigeleitet werden, findet der Stoffaustausch am Peritoneum durch drei separate, biologische Schichten statt: Die Endothelzellen des Kapillarbettes, die Basalmembran und die Mesothelzellen (27).

Man nimmt an, daß vor allem die niedermolekularen Substanzen nicht durch, sondern zwischen den Mesothelzellen transportiert werden. Auf ähnliche Weise scheint die Schicht der Endothelzellen durchquert zu werden, während die Basalmembran kein wesentliches Hindernis für die Passage der harnpflichtigen Substanzen darzustellen scheint (27, 28, 32).

Insgesamt erfolgt der Stoffaustausch am Peritoneum gegenüber der Hämodialyse somit unter erschwerten Bedingungen, darüber hinaus muß berücksichtigt werden, daß das Peritoneum bei einer Gesamtoberfläche von ca. 2 qm (27) nur gering vaskularisiert ist. Man schätzt, daß die von Kapillaren durchzogenen Areale nur ca. 4 % ausmachen (23). Davon ist nur 1 % effektiv durchblutet, die restlichen 3 % sind durch Konstriktion der praeka-

pillären Sphinkteren verschlossen (45).

Aufgrund dieser unterschiedlichen Voraussetzungen zwischen Häm- und Peritonealdialyse kommt es zu charakteristischen Unterschieden im Hinblick auf die Clearanceraten verschiedener Substanzen (vgl. Abbildung 1).

So erweist sich die Hämodialyse als effektiver im Hinblick auf den Entzug niedermolekularer Substanzen wie Harnstoff und Creatinin, während die Peritonealdialyse bessere Clearanceraten für Substanzen mit einem Molekulargewicht zwischen 1.000 und 10.000 ergibt (19), in einem Bereich also, der dem der Urämietoxine entspricht (8).

Unabhängig von der Dialyseart ist es möglich, mit Häm- wie Peritonealdialyse die Urämiesymptome zu beherrschen und die Patienten über Jahre hinweg zufriedenstellend zu rehabilitieren (18, 33).

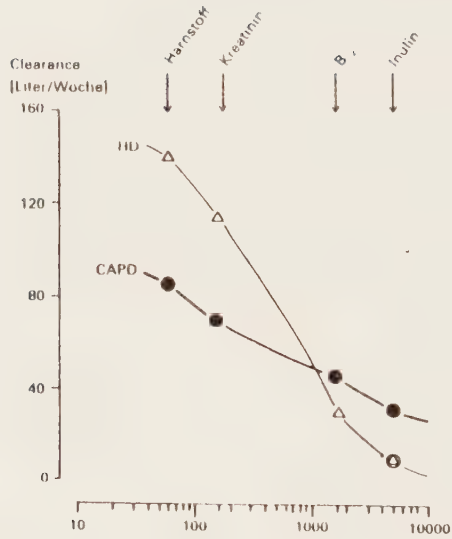


Abb. 1: Vergleich der Clearancedaten von Hämo- (HD) und Peritonealdialyse (CAPD) (nach Lit. 19)

2.2 Technische Voraussetzungen

Die Durchführung einer Peritonealdialyse ist im wesentlichen an zwei Vorbedingungen gebunden:

1. Einen funktionierenden Peritonealkatheter
2. Geeignete sterile Spüllösungen.

ad 1):

Zwei Formen der Katheterimplantation haben sich allgemein durchgesetzt:

- a) Technik der wiederholten Punktion
("repeated puncture technique")

1965 wurde von Weston und Roberts (85) ein Kunststoffkatheter aus Hartplastik entwickelt, der nach Lokalanästhesie im mittleren Drittel zwischen Umbilicus und Symphyse unter Verwendung eines spitzen Metallmandrins durch die Bauchdecken in die Peritonealhöhle eingeführt wird. Nach Zurückziehen des Mandrins wird der Katheter im Douglasraum platziert. Der Katheter wird nur einmal verwendet, d.h. er wird nach Beendigung der Dialyse gezogen und bei der nächsten Dialyse neu gelegt. Diese Katheterform wird heute nur noch zur Akutdialyse verwendet.

- b) Dauerkatheter nach Tenckhoff

Bei dem von Tenckhoff 1968 entwickelten Katheter (71) handelt es sich um einen Weichplastikschlauch aus Silikon, der mit zwei Dacronmuffen versehen ist. Diese werden chirurgisch subkutan resp. subperitoneal placiert, wobei der Katheter schräg durch die Bauchwand geführt und das perforierte freie Ende in den Douglas'schen Raum gelegt wird.

Im Gegensatz zur "repeated puncture technique" kann dieser Katheter belassen und zur Durchführung wiederholter Peritonealdialysen verwendet werden.

ad 2):

Die Zusammensetzung der Spüllösungen muß so beschaffen sein, daß ein möglichst großer Entzug harnpflichtiger Substanzen erfolgt. Gleichzeitig muß ein normaler Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt angestrebt werden. Dies bedeutet, daß Elektrolyte, die unverändert bleiben sollen, in plasmaäquivalenter Menge dem Dialysat zugesetzt werden. Elektrolyte, wie Kalium, die bei Niereninsuffizienz kumulieren, werden nicht oder in reduzierter Dosis beigemischt. Ein Zusatz von Lactat sorgt für eine Pufferung saurer Valenzen bei den Patienten mit meist azidotischer Stoffwechsellage.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Flüssigkeitsentzug, da die Patienten häufig oligo-anurisch sind und bereits durch normales Essen und Trinken eine Wasseraufnahme von 0,5-1,5 kg pro Tag erfolgt. Je nach Ausmaß der Gewichtszunahme muß dieses Wasser wieder entfernt werden, so daß Spüllösungen unterschiedlicher osmotischer Wirksamkeit verfügbar sein müssen. Als osmotisch wirksame Substanz wird daher Glucose der Spülung in unterschiedlicher Konzentration (1,5 - 4,5 %) zugesetzt.

Im einzelnen sind demzufolge die Spüllösungen (Fa. Fresenius, Bad Homburg) wie folgt zusammengesetzt:

Bezeichnung der Lösung	"2K"	"3K"
Flüssigkeitsmenge im Beutel	2 Liter	2 Liter
Theoretische Osmolarität	362 mosm/l	515 mosm/l
Glucose	1,5 %	4,25 %
Calcium	3,5 mval/l	3,5 mval/l
Magnesium	1,0 mval/l	1,0 mval/l
Chlorid	105,5 mval/l	105,5 mval/l
Lactat	35 mval/l	35 mval/l
Kalium	2,0 mval/l	2,0 mval/l

Lösung "2" und "3" enthalten bei sonst gleicher Zusammensetzung kein Kalium.

2.3 Durchführung von IPD, CAPD und CCPD

2.3.1 Intermittierende Peritonealdialyse (IPD) (41, 85)

Bei der IPD werden pro Dialyse ca. 60 Liter Spüllösung verwendet, wobei fraktioniert jeweils 2 Liter, aus einem 10 Liter Behälter, in einem Zyklus die Bauchhöhle passieren. Die Verweilzeit im Abdomen beträgt ca. 15 Minuten.

Mit Ein- und Auslauf ergibt sich pro Zyklus ein zeitlicher Aufwand von 45 Minuten. Die Gesamtdauer einer intermittierenden Peritonealdialyse liegt somit bei ca. 24 Stunden. Die Dialyse muß, um eine ausreichende Effektivität zu erzielen, 2-3 mal pro Woche angewandt werden.

Zur Durchführung der Dialyse werden meist halbautomatische Geräte (z.B. Peritonium II, Fa. Braun) verwendet, über welche die zugeführte Flüssigkeitsmenge sowie der zeitliche Ablauf gesteuert werden können. Außerdem erfolgt hier die unbedingt notwendige Erwärmung der Spüllösung auf Körpertemperatur.

Aufgrund des technischen Aufwandes ist die Durchführung der intermittierenden Peritonealdialyse zumeist auf die Klinik beschränkt (51, 52).

2.3.2 Kontinuierliche ambulante Peritonealdialyse (CAPD) (50, 57, 58, 60) (siehe Abbildung 2)

Durch ausführliche Untersuchungen stellte Popovich fest, daß für die Effektivität der Dialyse, neben der Spüllösungsmenge, die intraabdominelle Verweildauer eine wesentliche Rolle spielt. Bei einer Verweildauer von ca. 6 Stunden und permanenter Behandlung mit jeweils 2 Litern Spüllösung konnten ausreichende Clearanceraten erzielt werden, obwohl der Dialysatfluß nur 5,5 ml pro Minute betrug.

Hieraus ergibt sich, daß pro Tag viermal zwei Liter Spüllösung gewechselt werden müssen. Die Spüllüssigkeit ist steril in Beuteln abgepackt im Handel erhältlich. Der Beutelaustausch sollte ungefähr im 6-Stunden-Rhythmus erfolgen. Empfohlen werden folgende Zeiten: 6.00, 12.00, 18.00 und ca. 23.00 Uhr.

Beim Wechsel selbst wird zunächst die im Bauchraum befindliche und somit verbrauchte Spüllösung entfernt. Dies geschieht durch Tiefhängen des Beutels, welchen der Patient während der Verweilzeit am Körper trägt: Hierdurch entsteht ein Sog, der zum Auslauf des Dialysates führt.

Nach Beendigung des Auslaufes wird ein neuer, auf Körpertemperatur vorgewärmter Spüllösungsbeutel durch Umstecken des dafür vorgesehenen Konnektors angeschlossen. Der Einlauf in das Cavum peritoneale erfolgt mittels hydrostatischen Druckes, der durch Hochhängen des Beutels erzeugt wird. Nach Beendigung des Einlaufes wird der, dann leere, Beutel mittels einer geeigneten Vorrichtung (z.B. Netzgürtel) am Körper des Patienten bis zum nächsten Auslauf befestigt. Zwischenzeitlich

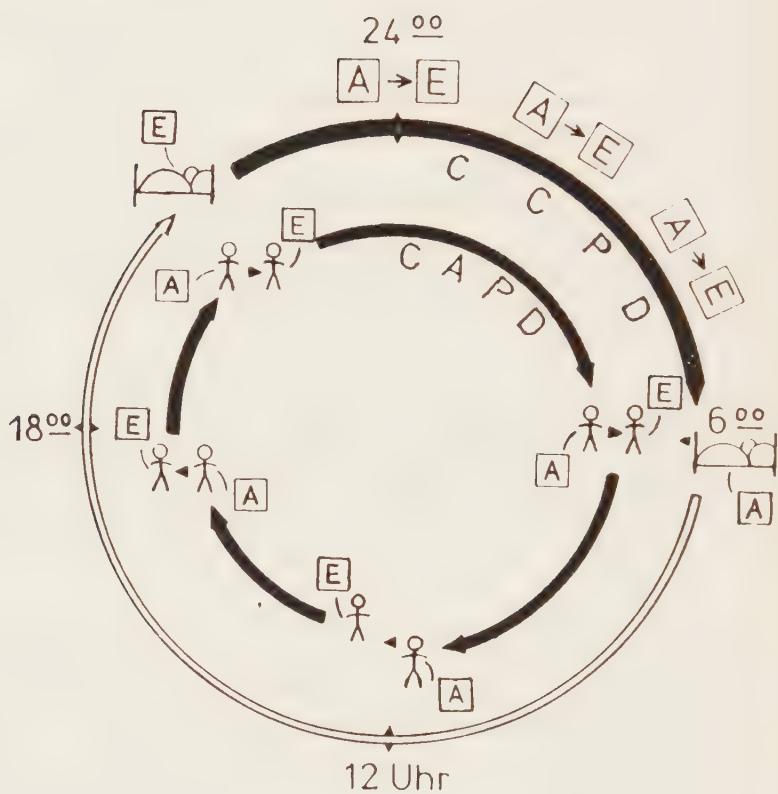


Abb. 2: Unterschiedlicher zeitlicher Ablauf von CAPD und CCPD.

A → **E** (Auslauf → Einlauf) nachts automatischer Dialysatwechsel.

→ Dialysezeit, **→** dialysefreies Intervall.

kann sich der Patient frei bewegen.

Das Verfahren der kontinuierlichen ambulanten Peritonealdialyse bietet gegenüber der intermittierenden Peritonealdialyse vor allem zwei Vorteile:

1. Verzicht auf jeden apparativen Aufwand
2. Durchführung als Heimdialyse.

Da im Gegensatz zur Hamodialyse keine technische Schulung auf ein Gerät notwendig ist und sich die Ausführung des Beuteltausches innerhalb weniger Tage leicht erlernen läßt, können Patienten diese Form der Dialyse, nach entsprechend sorgfältigem Training, leicht Zuhause durchführen. Ambulante Kontrollen sind routinemäßig nur in ca. sechswöchigen Abständen notwendig.

2.3.3 Kontinuierlich cyclische Peritonealdialyse (CCPD) (12, 13, 59) (siehe Abbildung 2)

Bei dieser Dialyseform wird wiederum ein Gerät benötigt, welches den Wechsel der auch bei der CAPD verwendeten Spüllösungsmenge von 8 Litern in vier Zyklen zu je zwei Litern automatisch steuert. Ein- und Auslauf der Spüllösung finden wieder über ein hydrostatisches Druckgefälle statt.

Im Gegensatz zur CAPD wird jedoch während der Nacht dialysiert, so daß ein Zyklus nur zwei Stunden dauert. Unter praktischen Bedingungen schließt der Patient seinen Abdominalkatheter gegen 22.00 Uhr an das Schlauchsystem an. Während der Schlafphase läuft dann die Dialyse automatisch ab und ist um 6.00 Uhr, mit dem

Auslauf des letzten Dialysats, beendet. Der Patient kann nun das Schlauchsystem vom Abdominalkatheter de-konnektieren und ist den Tag über frei beweglich.

Das tagsüber flüssigkeitsfreie Abdomen und der Fort-fall des viermaligen Beutelwechsels während des Tages sind gegenüber der CAPD ein bedeutender Vorteil, wobei sich durch die verminderte Zahl der notwendigen Konnek-tionen eine Reduktion der Peritonitis-Rate erreichen läßt (13, 36).

Auch die kontinuierlich cyclische Peritonealdialyse ist ein Heimdialyseverfahren. Das Patiententraining hierzu dauert 7-10 Tage, gegenüber 3-7 Tagen bei der CAPD. Die Methode der CCPD ist jedoch nicht schwer zu erlernen, da neben der Beutelkonnektion im wesentlichen das rich-tige Einlegen des Schlauchsystems in das Steuergerät geübt werden muß.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß CAPD und CCPD nicht als Alternativmethoden, sondern als sich ergän-zende Verfahren anzusehen sind (36). So kann ein Pa-tient zu Hause die CCPD durchführen und im Urlaub oder auf Reisen zur CAPD wechseln.

2.4 Indikationen zur Peritonealdialyse

Grundsätzlich kann jeder niereninsuffiziente Patient mit der Häm- oder Peritonealdialyse behandelt werden. Dennoch gibt es für die Peritonealdialyse spezielle Indikationen (19, 37, 58, 59, 69).

1. Shuntkomplikationen unter Hämodialyse
2. Kontraindikationen zur Hämodialyse
(z.B. Blutdruckabfall, Schock, hämorrhagische Diathese)
3. Alte Patienten
4. Diabetiker

Für alte Patienten stellt die Peritonealdialyse vor allem deshalb eine Alternative zur Hämodialyse dar, weil diese Patientengruppe häufig aufgrund sklerotischer Gefäßveränderungen Shuntkomplikationen entwickelt und außerdem größere Veränderungen im Wasserhaushalt, wie sie durch den abrupten Wasserentzug bei der Hämodialyse entstehen, häufig von seiten des Kreislaufes schlecht tolerieren (42).

Diabetiker, welche 25 % aller niereninsuffizienten Patienten ausmachen (62), sollten primär mit der Peritonealdialyse behandelt werden (7, 16, 37, 38, 42, 77). Dies geht aus mehreren Untersuchungen hervor, die belegen, daß die Peritonealdialyse gegenüber der Hämodialyse bei diabetischen Patienten folgende Vorteile bietet (37, 78):

1. Verzicht auf einen Gefäßzugang (Shunt)
Bei Diabetikern wurde wiederholt über Shuntkomplikationen bei sklerotisch vorgeschädigtem Gefäßsystem berichtet.

2. Verzicht auf Heparin

Unter der zur Hämodialyse notwendigen Antikoagulation kommt es durch wiederholte Blutungen aus retinalen Mikroaneurysmen letztlich meist innerhalb kurzer Zeit zur Amaurose.

Weiterhin spricht für die Peritonealdialyse, daß auch die Einstellung der Hypertonie besser gelingt als bei der Hämodialyse, wodurch das Risiko der Entwicklung eines hämorrhagischen Glaukomes zusätzlich gemindert wird.

3. Bessere Stoffwechselführung

Wie zahlreiche Untersuchungen (7, 16, 17, 53, 66, 67, 75, 76, 78) gezeigt haben, läßt sich der Blutzucker problemloser als mit der Hämodialyse einstellen, und dies, obwohl Glukose als osmotisch wirksame Substanz verwendet wird.

Nach den eingangs gemachten Ausführungen muß man davon ausgehen, daß durch Glukose nicht nur Wasser entzogen wird, sondern daß Glukosemoleküle, welche in der Lage sind, bei einem Molekulargewicht von 180 durch die Peritonealmembran zu diffundieren und umgekehrt, resorbiert werden. So nimmt der Patient bei Verwendung eines Dialysebeutels mit 1,5%-iger Glukose ca. 10 Gramm Glukose auf. Bei Benutzung von 4,25 %-iger Dialyselösung werden ca. 35 Gramm Glukose in sechs Stunden über das Peritoneum resorbiert (37).

Unabhängig von der Applikationsform werden für diese Patientengruppe Hb-A₁-Werte von 8-10 % erreicht. Mittels dieses Langzeitparameters der Diabeteseinstellung (4, 15, 20) läßt sich somit eine gute Stoffwechselfüh-

rung dokumentieren (79).

Darüber hinaus gelingt eine bessere Kontrolle des Fettstoffwechsels gegenüber den Nicht-Diabetikern bei gleichem Entzug harnpflichtiger Substanzen, Hämoglobinstieg und Wasserentzug (80, 81).

Hinsichtlich der diabetischen Retinopathie wird von einer Stabilisierung der Veränderungen berichtet, in Einzelfällen wurden sogar Verbesserungen mitgeteilt (34, 61). In einer 1978 veröffentlichten Studie, in der diabetische Hämodialyse- und Peritonealdialyse-Patienten verglichen werden, wird von einem besseren subjektiven Wohlbefinden und einer geringeren Progression der Retinopathie bei letzteren berichtet (43).

2.5 Kontraindikationen

Kontraindikationen bestehen vor allem dann, wenn der Patient aufgrund seiner Gesamtsituation nicht in der Lage ist, die chronische Peritonealdialyse als Heimdialyseverfahren durchzuführen oder wenn ein organpathologischer Befund gegen die Instillation eines Katheters oder von Spülflüssigkeit in die Bauchhöhle spricht (19, 53, 69). Im einzelnen sind zu nennen:

1. Mangelnde Kooperation
2. Starke intraabdominelle Verwachsungen
3. Abdominale Hernien
4. Ausgeprägte Zystennieren
5. Discopathie
6. Ureter- oder Colonfistel
7. Obstruktive oder restriktive Lungenerkrankungen

Wichtige Voraussetzung ist eine ausreichende Motivierung des Patienten, außerdem muß er in der Lage sein, die Methode zu erlernen. Auch müssen zufriedenstellende häusliche Bedingungen bestehen, sowie die soziale Absicherung gewährleistet sein. Sind diese Voraussetzungen nicht oder nur teilweise gegeben, resultieren erfahrungsgemäß gehäuft Peritonitiden, die zum Abbruch oder zumindest einer zeitweiligen Unterbrechung der Peritonealdialyse führen (46, 52, 57).

Intraabdominelle Verwachsungen führen meist zu einer Störung im Austausch der Spüllösung sowie zu Schmerzen, welche eine reguläre Durchführung der Dialyse unmöglich machen können.

Auch abdominelle Hernien stellen eine Kontraindikation dar. Inguinalhernien sowie Bauchwandbrüche können an

Große zunehmen, Hernien im Bereich des Zwerchfelles ermöglichen unter Umständen sogar den Übertritt von Spüllösung in die Pleurahöhle.

Ein Raumproblem können Zystennieren, die bisweilen eine enorme Größe erreichen und der Spüllösung nicht mehr genügend Platz bieten, sein.

Eine Discopathie kann durch intraabdominelle Volumenzunahme verstärkt werden.

Ureter- oder Colonefisteln stellen eine potentielle Kontaminationsquelle für den Katheterbereich dar, wobei sich eine Kanalinfection entwickeln kann.

Durch den Druck der intraabdominellen Dialyseflüssigkeit mit Hochdrängung des Zwerchfelles kann eine obstruktive oder restriktive Lungenerkrankung derart verstärkt werden, daß sich die Durchführung einer Peritonealdialyse verbietet (11).

2.6 Vorteile der chronischen Peritonealdialyse

Auch wenn sich Patienten mit Hämodialyse wie Peritonealdialyse über Jahre in einem, hinsichtlich der Nierenfunktionsparameter, kompensierten Zustand halten lassen, weist die Peritonealdialyse gegenüber der Hämodialyse verschiedene Vorteile auf:

1. Bei der CAPD wird weder ein Wasser- noch ein Stromanschluß benötigt, sie kann somit ortsungebunden durchgeführt werden. Bei der CCPD hingegen ist lediglich ein Stromanschluß für das Steuergerät erforderlich. Dies bedeutet gegenüber der Hämodialyse eine wesentliche technische Vereinfachung.
2. Der hohe apparative Aufwand der Hämodialyse entfällt. Damit werden Kosten in Höhe von ca. DM 35.000.-- für ein Dialysegerät eingespart, darüber hinaus ist der Patient, zumindest bei der CAPD, nicht von einem Gerät abhängig.
3. Ein Partner für die Durchführung der CAPD und CCPD ist nicht erforderlich. Beide Methoden lassen sich vom Patienten alleine durchführen, während bei der Hämodialyse immer eine Hilfsperson anwesend sein muß.
4. Der Trainingsaufwand für die Peritonealdialyse ist wesentlich geringer. Das Wechseln der Beutel im Rahmen der CAPD läßt sich innerhalb weniger Tage erlernen. Das Einlegen des Schlauchsystems in das Steuergerät bei der CCPD sowie das Konnektieren und Dekonnektieren des Schlauchsystems an den Abdominalkatheter verlängert die Trainingszeit nur

unwesentlich. Demgegenüber dauert das Training für die Hämo-Heimdialyse mit Partner drei Monate und länger, woraus sich bei der CAPD und CCPD neben der geringeren Belastung für den Patienten selbst eine deutlich verkürzte Krankenhausverweilzeit ergibt.

5. Die Kosten für die Peritonealdialyse liegen demzufolge – die Behandlung von Komplikationen nicht eingeschlossen – deutlich niedriger als bei der Hämodialyse.
6. Die Kontinuität der Peritonealdialyse verursacht gegenüber der Hämodialyse einen zwar langsameren, aber permanenten Entzug der harnpflichtigen Substanzen und des überschüssigen Wassers. Dadurch entstehen wesentlich geringere Blutdruck- und Volumenschwankungen. So benötigen Patienten, welche mit der Peritonealdialyse behandelt werden, deutlich weniger oder keine Antihypertensiva (36).
7. Von der weitaus überwiegenden Zahl der Autoren wird über eine Besserung des Hämoglobinwertes unter der Peritonealdialyse berichtet. Diese Aussage läßt sich über die Hämodialysebehandlung nicht machen (37, 59, 81). Man vermutet, daß mit der Peritonealdialyse ein "bone marrow suppressor" besser entfernt wird als mit der Hämodialyse. Des weiteren wird ein anaboler Effekt der Peritonealdialyse angenommen (14).

2.7 Nachteile der chronischen Peritonealdialyse

1. Die Durchführung der CAPD mit viermal täglichem Beutelwechsel stellt eine nicht unerhebliche zeitliche Belastung für den Patienten dar. Auch wenn der zeitliche Gesamtaufwand der Hämodialyse dem der Peritonealdialyse in etwa entspricht, besteht ein Unterschied darin, daß der Patient an der Hämodialyse während der dialysefreien Intervalle nicht dem Zwang unterliegt, sich - wie der Peritonealdialysepatient - täglich in 5-8-stündigen Abständen mit der Dialyse zu beschäftigen.

Besser gelöst ist dieses Problem bei der CCPD, bei welcher die Dialyse während der Schlafphase abläuft, wobei sich jedoch Alarme durch Verstopfung des Katheters oder Systemes nachteilig auswirken können.

2. Für jüngere Patienten stellt der aus dem Abdomen kommende Katheter nicht selten eine Störung des ästhetischen Empfindens dar.
3. Die Notwendigkeit der Lagerhaltung von Beuteln und anderem Zubehörmaterial erfordert entsprechende räumliche Voraussetzungen. Bei Reisen des Patienten muß eine logistische Vorplanung erfolgen.
4. Bei der CAPD und CCPD kommt es zu einem Eiweißverlust über das Dialysat, der von verschiedenen Autoren mit ca. 10 Gramm pro Tag angegeben wird (37). Unter entsprechender Berücksichtigung bei der Kost läßt sich dieser Verlust jedoch ausgleichen und ein normaler Serumeiweißspiegel aufrechterhalten (14, 36, 37).

2.8 Komplikationen

Die Komplikationen bei der chronischen Peritonealdialyse entstehen zum einen durch den Druck der intraabdominellen Flüssigkeit, zum anderen durch die Notwendigkeit über den Peritonealkatheter eine offene Verbindung zwischen Bauchhöhle und der Außenwelt herzustellen. Im einzelnen wurden beschrieben:

1. Peritonitis (10, 22, 33, 35, 39, 44, 47, 53)
2. Inguinale, abdominale und diaphragmale Hernien (10, 35, 39, 47)
3. Gastrointestinale Beschwerden (39, 44, 47)
4. Rectumprolaps und Hämorrhoiden (35, 44, 53)
5. Skrotalödem (53)
6. Lumbalgie (53)
7. Vorhofflimmern, Angina pectoris, Hypotension (35, 39, 59)
8. Dyspnoe (11)
9. Müdigkeit, Schlaflosigkeit (54)
10. Muskelkrämpfe (44)
11. Katheterkomplikationen (10, 22, 35, 39, 47)

Die mit Abstand häufigste Komplikation ist nach Ansicht aller Autoren die Peritonitis. Ihr mehrmaliges Auftreten wird als limitierender Faktor dieser Methode angesehen (10, 22). Deshalb soll im folgenden näher auf sie eingegangen werden:

2.8.1 Ursachen der Peritonitis

Eine Peritonitis kann auf verschiedenen Wegen entstehen: Weitaus am häufigsten - in ca. 90 % - ist sie

durch Konnektorkontamination, im Rahmen des Beutelwechsels, bedingt. In 4-9 % (22, 39) bestehen die Ursachen in einer Tunnelinfektion. Selten ist eine Peritonitis bei primärer Beuterverunreinigung oder bei Zumischung, und damit verbundener Kontamination, von Arzneimitteln in die Dialysebeutel, z.B. von Insulin bei Diabetikern (16, 76, 77).

Neben diesen, unmittelbar durch die Dialyse verursachten, Peritonitiden ist eine Durchwanderung von Keimen aus dem Darm möglich und auch beschrieben (22).

2.8.2 Häufigkeit der Peritonitis

Zu Beginn der CAPD-Ära lag die Peritonitisrate sehr hoch, so berichtet Popovich 1978 über eine Häufigkeit von einer Episode pro 3,3 Patienten-Monate (59). Durch die Einführung von Plastikbeuteln, statt der anfänglich verwendeten Glasflaschen, durch Oreopoulos (51) gelang es, die Peritonitisfrequenz deutlich zu senken.

Die überwiegende Mehrzahl der Autoren gibt heute eine Häufigkeit von einer Episode pro 6 bis 13 Patienten-Monate an (22, 44, 48, 51, 65, 69, 78).

Da der Erfolg der CAPD, welcher auch gerade an der Peritonitisrate gemessen wird, stark von der Compliance der Patienten abhängt, lassen sich niedrige Peritonisraten (34) nach wie vor nur bei entsprechender Patientenselektion erzielen (56, 57).

2.8.3 Diagnostik der Peritonitis

Bereits im normalen Dialysat können einige Leukozyten vorhanden sein, so gelten Werte von unter 50 Zellen pro mm^3 als unverdächtig, 50-100 Zellen pro mm^3 werden als fraglich pathologisch gewertet, mehr als 100 Zellen pro mm^3 sprechen für eine Peritonitis (22, 89). Die Zellzahl kann einige Tausend pro mm^3 erreichen, demzufolge ist auch die Trübung des Dialysates das hervorstechendste Merkmal der Peritonitis (53). Je nach Schweregrad und Verlauf der Peritonitis können noch weitere Symptome hinzutreten: Übelkeit, Bauchschmerzen, Fieber, Leukozytose (53, 65).

Die Diagnostik der Peritonitis umfaßt neben der Zählung der Zellzahl eine bakteriologische Untersuchung des Dialysates, einschließlich der Bestimmung des Antibiogrammes, um eine gezielte antibiotische Therapie durchführen zu können.

Eine orientierende Hilfe im Hinblick auf den sofort notwendigen Therapiebeginn kann bereits die Färbung eines Ausstrichpräparates nach Gram sein, welches eine Differenzierung in grampositive und gramnegative Keime erlaubt.

2.8.4 Keimspektrum

Das Keimspektrum der bei Peritonitis nachgewiesenen Bakterien ist groß, alle Autoren stimmen jedoch dahingehend überein, daß am häufigsten *Staphylococcus epidermidis* (= *Staphylococcus albus*) nachgewiesen werden kann. Bei Durchsicht der Literatur lassen sich für die

aufgetretenen Keimarten folgende Prozentzahlen angeben:

Grampositive Keime: 50-70 % (33, 35, 47, 55, 65)

Staphylococcus albus: 30-45 % (33, 46, 47, 55,
65, 74)

Staphylococcus aureus: 7-13 % (46, 47, 55)

Streptococcus spez.: 7-10 % (10, 47)

Enterococcen: 8 % (10)

Gramnegative Keime: 15-30 % (10, 33, 35, 46, 65, 74)

E. coli: 10 % (10)

Enterobacter: 5 % (10, 47)

Klebsiella pneumoniae: 2 % (74)

Pseudomonas aeruginosa: 2- 5 % (10)

Acinetobacter: 3- 5 % (10, 47)

Serratia marescens: 1 % (10)

Nocardia: 1 % (47)

Alcaligines: 1 % (10)

Aspergillus spez.: 1 % (47)

Mycobakterium
tuberculosis: 1 % (35)

Anaerobier:

Bacteroides fragilis: 2- 5 % (55)

Pilze:

Candida albicans: 2- 5 % (35, 47, 54, 55,
65)

ohne Keimnachweis: 3-15 % (35, 47, 55)

2.8.5 Therapie der Peritonitis

2.8.5.1 Dialyseregime

Das Dialyseregime wird nicht einheitlich gehandhabt. Während eine Gruppe von Autoren die Fortführung der CAPD befürwortet (48, 87), wird von anderer Seite (65) eine Änderung des Dialyseregimes dahingehend empfohlen, daß zunächst 3-5 Spulungen der Bauchhöhle ohne intraabdominelle Verweilzeit der Spüllösung erfolgen. Dies dient der mechanischen Entfernung von Bakterien und Fibringerinnseln, wobei letztere zu einer Verstopfung des Peritonealkatheters führen können.

Im Anschluß daran wird die CAPD - CCPD-Patienten werden bei einer Peritonitis ebenfalls auf die CAPD umgestellt - unter Zumischung eines geeigneten Antibiotikums zur Spüllösung fortgeführt. Um die Bildung weiterer Fibringerinnsel zu verhindern, wird die Zugabe von Heparin zur Spüllösung empfohlen (48, 65, 88).

2.8.5.2 Medikamentöse Therapie:

1. Applikationsform:

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, ein Antibiotikum zu applizieren:

- Systemisch
- Intraabdominell

Im allgemeinen wird der intraabdominellen Applikationsform durch Zumischung des Antibiotikums zur Spüllösung der Vorzug gegeben (39, 49, 53, 55, 65,

88). Nur bei schwerem Verlauf oder dem Nachweis verschiedener Keime wird die zusätzliche systemische Gabe eines zweiten Antibiotikums empfohlen (49), wobei dieses auch alternativ der Spüllösung zugemischt werden kann (87).

Die der Spüllösung zugegebenen Antibiotika werden über das Peritoneum resorbiert, so daß auch eine systemische Wirkung auftritt, wobei die Dosierung der eingeschränkten Nierenfunktion angepaßt werden muß (82, 83).

2. Wahl des Antibiotikums

Für den Zeitraum bis zum Erhalt des Kulturergebnisses aus dem Dialysat werden breit wirkende Antibiotika wie Cephalotinpräparate (49, 88) oder Sulfamethoxazol-Trimethoprim (65) empfohlen.

Bei schwerem Verlauf werden umgehend ein Cephalotin-Präparat zusammen mit einem Aminoglykosid Antibiotikum eingesetzt (49, 65, 88). Erweisen sich die später in der Kultur nachgewiesenen Keime jedoch als resistent, muß das Antibiotikum entsprechend gewechselt werden.

3. Dauer der antibiotischen Behandlung

Das Antibiotikum wird unter Kontrolle der Leukozytenzahl und bakteriologischer Untersuchungen im Dialysat eine bis zwei Wochen über den negativen Ausfall der Dialysatkultur hinaus der Spüllösung zugesetzt (49, 65, 88). Eine längere Applikation empfiehlt sich nicht, da als Folge Fälle mit Soorperitonitis beobachtet wurden (49).

Bei Persistieren einer Peritonitis unter gezielter antibiotischer Behandlung über einen Zeitraum von mehr als zwei Tagen muß auch an die Möglichkeit eines intraabdominellen Prozesses (z.B. eine Perforation) gedacht werden (47). Bei derartigen Komplikationen wird der Peritonealkatheter entfernt und der Patient, zumindest vorübergehend, hämodialysiert (48, 49, 88). Die Neuimplantation eines Peritonealkatheters wird frühestens nach 1-2 Wochen empfohlen (49).

2.9 Möglichkeiten zur Verhinderung einer Peritonitis

Bei der Bedeutung der Peritonitis für die praktische Durchführung der chronischen Bauchdialyse kommt der Verhinderung prophylaktischer Maßnahmen eine wesentliche Bedeutung zu. Neben einem intensiven Training der Patienten sollten daher möglichst kontaminationssichere Konnektoren zur Anwendung kommen.

Folgende Möglichkeiten stehen heute zur Verfügung, um Bakterien nach potentiell stattgehabter Kontamination im Rahmen der Beutelwechsel im Konnektorbereich abzutoten bzw. an ihrem Eintritt in die freie Bauchhöhle zu hindern:

1. Filtermethoden (2, 70)

Durch Integration eines Filters mit einer Porengröße von ca. $0,2 \mu$ in das Schlauchsystem können Bakterien mechanisch abgefangen werden. Mit diesem Verfahren wird über eine deutliche Reduktion der Peritonitisrate auf eine Episode pro 20 Patientenmonate berichtet. Nachteilig ist eine, durch das Filter bedingte, Flußbehinderung beim Ein- und Auslauf der Spüllösung. Außerdem befindet sich der Filter im Überleitungsgerät vor dem distalen Konnektor, so daß Kontaminationen in diesem Bereich nicht erfaßt werden.

2. Chemische Desinfektion (4, 9)

Ein Besprühen des Konnektors bei Beutelwechsel mit alkoholischer oder jodhaltiger Desinfektionslösung ist seit Beginn der CAPD-Ära üblich, doch werden hiermit in der Regel nur Keime im Außenbe-

reich des Konnektors erreicht. Die unter Punkt 2.8.2 erwähnten Peritonitisraten traten unter chemischer Konnektordesinfektion auf, woraus sich klar ergibt, daß diese Methode der Desinfektion nicht zur Verhinderung einer Peritonitis geeignet ist.

Ein Einbringen von Desinfektionsmittel in die Spüllösung verbietet sich wegen lokaler Reizerscheinungen und einer möglichen transperitonealen Resorption mit unerwünschten toxischen Nebenwirkungen.

3. Ultraviolettbestrahlung

Ultraviolettbestrahlung hat ganz allgemein eine ausgezeichnete bakterizide Wirkung, doch ist dieser Effekt auf Oberflächen beschränkt. Erst in Verbindung mit strahlen-durchlässigem Material kann auch eine wirkungsvolle Innendesinfektion eines Konnektors erwartet werden. Die bis jetzt publizierten Ergebnisse sind jedoch widersprüchlich (30, 31, 49).

4. Hitzedesinfektion

Eine der wirksamsten Methoden zur Keimabtötung stellt Hitzeeinwirkung dar. Aufgrund dieser Tatsache wurde für die durchgeführten Untersuchungen ein auf Hitzebasis arbeitendes Gerät konzipiert, mit welchem eine Konnektordesinfektion durchführbar erschien. In Zusammenarbeit mit der Fa. Dialysetechnik wurden zwei Geräte als Prototypen entwickelt, von denen eines auf Heizstab-, das andere auf Infrarotlichtbasis arbeitet. Bei der Her-

stellung der Geräte mußten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- a) Problemlose Praktikabilität.
- b) Ausschaltung möglicher technischer Gefahrenquellen für den Patienten.
- c) Ausreichend hohe, über einen vorgegebenen Zeitpunkt konstante, Temperatur zur Erzielung einer bakteriziden Wirkung.
- d) Möglichst kurze Dauer des Desinfektionsvorganges, um den zeitlichen Aufwand so gering wie möglich zu halten.
- e) Temperaturtoleranz des Konnektormaterials.

Da in der Literatur mit einer Konnektor-Hitzedesinfektion noch keinerlei experimentelle oder praktische Erfahrungen beschrieben sind, war es Ziel der vorliegenden Arbeit, mit Hilfe dieser erstmals konzipierten Geräte, anhand eines Referenzkeimes, unter Verwendung zweier unterschiedlicher Konnektoren die zur Bakterizidie notwendige Temperatur und Zeit festzustellen.

Des weiteren wurden die Geräte im Hinblick auf ihren praktischen Einsatz geprüft und verglichen. Letztlich sollte eine Beurteilung darüber erfolgen, welcher der Konnektoren für die Hitzedesinfektion geeigneter erscheint.

3. SPEZIELLER TEIL

3.1 Gerätebeschreibung

Die Hitzedesinfektionsgeräte bestehen im Prinzip aus zwei getrennten Einheiten, einer Steuereinheit und der eigentlichen Desinfektionsbox, in welche der Konnektor eingelegt wird (siehe Abbildung 3).

Die Desinfektionsbox ist ein Kästchen aus hitzestabilem und nach außen hin isolierendem Material. Es wird durch einen scharniiergelegerten, aus gleichem Material bestehenden Deckel verschlossen. An der Öffnung des Kästchens befindet sich auf zwei gegenüberliegenden Seiten je eine Aussparung, in welche der beidseits schlauchtragende Konnektor in geschlossenem Zustand eingelegt wird.

In unmittelbarer Nähe zum Konnektor befindet sich ein fest montierter Temperatur-Sensor. Unterhalb oder seitlich des Konnektors ist die Heizquelle installiert. Außerdem ist noch ein Ventilator zur raschen Abkühlung nach Hitzeexposition eingebaut.

In der Steuereinheit, welche über ein flexibles Kabel mit der Desinfektionsbox verbunden ist, befindet sich ein Transformator, welcher die Netzspannung auf 24 Volt reduziert, ferner ein Steuerteil mit Programm und Signalverstärker. Über das Programm können mittels integrierter Schaltkreise Zeit, Temperatur und Ventilator in der Desinfektionsbox gesteuert und überwacht werden.

Zur Durchführung der in der Folge beschriebenen Versuche war die Steuereinheit mit einem Regelschalter für

die Zeit von 4-16 Minuten und für eine Temperatur von 70 bis 100 Grad Celsius ausgestattet.

3.1.1 Heizstabgerät (siehe Abbildung 4)

Es enthält als Heizquelle zwei Heizstäbe, welche durch ein Metallgitter von dem Konnektor getrennt sind. Durch die Anordnung unterhalb des Konnektors ist eine manuelle Berührung ausgeschlossen.

3.1.2 Infrarotlichtgerät

Äußerlich dem Heizstabgerät gleichend, dient als Heizquelle hier eine Quarzlampe, welche seitlich des Konnektors montiert und ebenfalls gegen Berührung abgesichert ist.

3.2 Konnektorbeschreibung

Verwendet wurde der Safe-lock-Konnektor der Fa. Fresenius (FK) sowie der in der VI. Med. Abteilung des Krankenhauses München-Schwabing entwickelte Konnektor (SK) Deutsches Patent Nr. DE 3048892 A1.

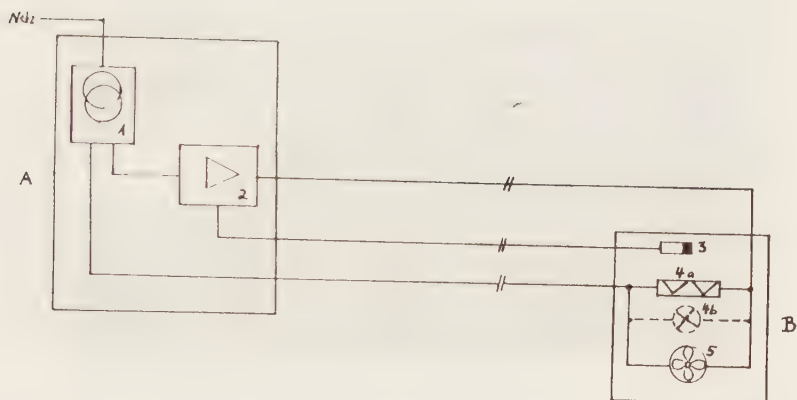


Abb. 3: A = Steuereinheit
B = Desinfektionseinheit

- 1 = Transformator
- 2 = Programmteil
- 3 = Temperaturfühler (Sensor)
- 4a = Heizstäbe
- 4b = alternativ zu 4a Quarzlampen
- 5 = Ventilator

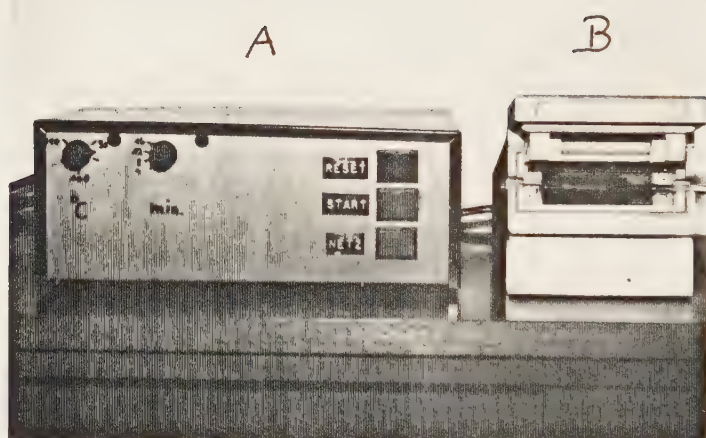


Abb. 4: Desinfektionsgerät auf Heizstabbasis
A = Steuereinheit, B = Desinfektionseinheit

3.2.1 Safe-lock-Konnektor (siehe Abbildung 5)

Der Konnektor besitzt einen versenkten Konus, die Konnektion erfolgt mittels eines Bajonettverschlusses mit eingebautem Dichtungsring. Das Gewicht beträgt 5,62 Gramm.

3.2.2 Schwabing Konnektor (siehe Abbildung 6)

Der Konnektor besteht aus Polypropylen. Der Konus ist im Male-Teil vorgezogen, die Abdichtung erfolgt im Female-Teil, welches eine konisch zulaufende Innenseite besitzt. Eine zusätzliche Befestigung erfolgt über eine am Male-Teil angebrachte Lippe, welche als Schnappverschluß über ein wulstförmiges Gegenstück am Female-Konnektor geschoben wird. Das Gewicht des Konnektors beträgt 2,63 Gramm.

3.3 Referenzkeim

Als Referenzkeim wurde ein Wildstamm von *Staphylococcus epidermidis* als Suspension in einer Konzentration von 6×10^5 Keimen pro ml verwendet.

3.4 Verwendete Materialien

1. 5 % Tween 80 als Benetzungsmittel für die Konnektoren
2. Fertig-Blutagarplatten (Fa. Biotest, Frankfurt)

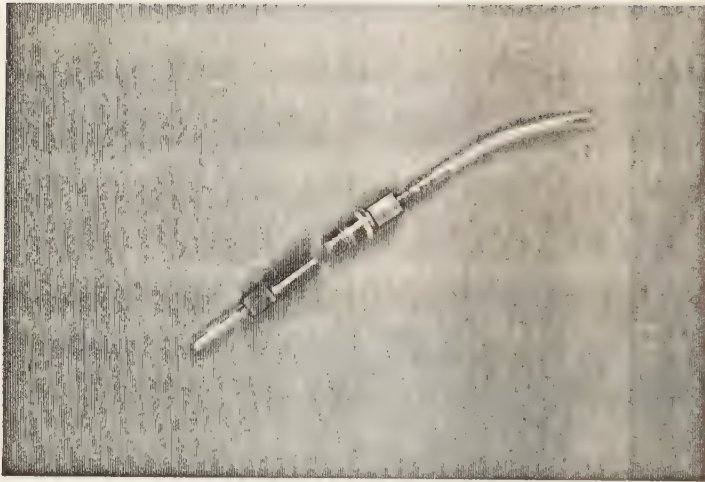


Abb. 5: Safe-lock-Konnektor (Fresenius-Konnektor)



Abb. 6: Schwabing-Konnektor

3. Sterile Wattestäbchen (Fa. Roloff, Germering)
4. Nährlösung, bestehend aus Nährboullion (Standard I mit Zusatz von 1 % Dextrose)
5. Sterilen Mundschutz
6. Stoppuhr
7. Digit. Thermometer

3.5 Methodik

3.5.1 Erstellen von Eichkurven

Mittels des Reglers an den beiden zu testenden Hitze-desinfektionsgeräten wurde die Temperatur für jeden Konnektor zunächst so eingestellt, daß sie innenseitig 70 Grad Celsius resp. 80 Grad Celsius betrug. Die Messung der Konnektorinnentemperatur erfolgte hierbei mit einem digitalen Thermometer, dessen Temperaturfühler über den Female-Konnektorteil bis in die Mitte des geschlossenen Konnektors eingeführt wurde.

Die Stellung des Reglers wurde bei Erreichen der gewünschten Temperatur jeweils notiert. Für die Eichkurven wurde anschließend der Anstieg der Temperatur während der ersten fünf Minuten alle 30 Sec., von der 5. bis zur 15. Minute in einminütigem Abstand registriert.

Insgesamt ergaben sich acht Eichkurven: Vier für das Infrarotlichtgerät mit dem Schwabing- und Fresenius-Konnektor bei jeweils 70 Grad Celsius und 80 Grad Celsius; weitere vier unter Verwendung des Heizstabgerätes für beide Konnektoren und beide Temperaturen. Die ermittelten Temperaturwerte für diese acht unterschied-

lichen Kombinationsmöglichkeiten sind in den Abbildungen 7 bis 10 graphisch dargestellt.

3.5.2 Versuchsablauf

Nach gründlicher Desinfektion des Arbeitsplatzes mit Bacillol, Anlegen des sterilen Mundschutzes sowie Reinigung der Hände mit Seife und 70 %-igem Alkohol, wurden die Reagenzgläser mit Tween 80, der Bakteriensuspension und der Nährlösung in einem Ständer aufgestellt. Für jeden Versuchstag wurden frische Lösungen verwendet.

Die Plastikverpackung der sterilen Watteträger wurde so geöffnet, daß diese einzeln unter Wahrung der Sterilität des Watteteiles entnommen werden konnten. Anschließend erfolgte die Einschaltung des Gerätes. Dann wurde die Papierfolienumhüllung eines der steril verpackten Konnektoren geöffnet, der Konnektor durch Anfassen an einem der Konnektorenden entnommen, mit der anderen Hand durch Anfassen am anderen Ende und Drehen geöffnet und beide Konnektorteile am distalen Ende - also unter Umgehung des Risikos einer Kontamination der Konnektorinnenteile - in eine Hand gegeben.

Mit der freien Hand wurde im weiteren ein steriler Watteträger entnommen, in Tween 80 getaucht und das Konnektorinnenteil des Female-Konnektors sowie die Außen- und Innenseite des in den Female-Konnektor eingeführten Teils des Male-Konnektors bestrichen. Der Watteträger wurde dann verworfen, das nächste sterile Wattestäbchen in die Bakteriensuspension getaucht und hiermit die zuvor mit Tween 80 vorbehandelten Flächen sorg-

fältig bestrichen. Auch dieses Wattestäbchen wurde verworfen, der Konnektor wieder verschlossen und in die Hitzedesinfektionsbox eingelegt. Mit Verschuß des Deckels wurde die Stoppuhr in Gang gesetzt. Die verschiedenen Hitzeexpositionszeiten sind unter Punkt 3.5.3 beschrieben.

Nach Ablauf der vorgegebenen Zeit wurde der Deckel geöffnet und der Konnektor entnommen. Mit einem weiteren sterilen Watteträger, welcher zuvor in Nährlösung getaucht war, wurde der dann wieder geöffnete Konnektor an seinen, vor Hitzeexposition, kontaminierten Teilen ebenfalls sorgfältig abgestrichen.

Mit diesem Watteträger wurden dann unter mehrfachem Drehen Ausstriche auf einer Blutagarplatte angefertigt, das Wattestäbchen anschließend verworfen und die Blutagarplatte für 24 Stunden in einen Brutschrank mit 37 Grad Celsius gestellt. Nach dieser Zeit erfolgte die visuelle Kontrolle auf das Vorhandensein von Keimen.

Der verwendete Konnektor wurde unter Benutzung von Spülmittel und Bürste gereinigt und gespült, anschließend getrocknet, in eine Folientüte eingeschweißt und mittels Äthylenoxyd gassterilisiert. Die Wiederverwendung des Konnektors erfolgte nicht vor Ablauf von 48 Stunden.

3.5.3 Hitzedesinfektionszeiten

Die Versuche wurden mit jeweils beiden Geräten und beiden Konnektoren bei 70 Grad Celsius und 80 Grad Celsius in zwei verschiedenen Formen durchgeführt:

a) Hitzeexposition über 10 Minuten

Hierbei wurden in jeweils zwanzig Versuchen die beiden Konnektortypen im Heizstab- sowie Infrarotlichtgerät über die vorgegebene Zeit von 10 Minuten bei 70 Grad Celsius und 80 Grad Celsius hitzeexponiert. Gesamtzahl der Versuche: 160

b) Aufsteigende Reihen

Hier erfolgte die Hitzeexposition von der ersten bis zum Ende der sechsten Minute in einminütigem Abstand, so daß eine dieser Reihen aus jeweils sechs Versuchen bestand. Für jede mögliche Kombination zwischen den Geräten, Konnektoren und den Temperaturen wurden zehn derartige aufsteigende Reihen durchgeführt; die Gesamtzahl der Versuche belief sich somit auf 480.

Festgestellt wurde bei jeder aufsteigenden Reihe derjenige Zeitpunkt, zu dem auf der Blutagarplatte kein Keimwachstum mehr nachweisbar war.

Als Kontrolle dienten gleichermaßen präparierte Konnektoren, welche nicht hitzeexponiert wurden.

3.6 Ergebnisse

3.6.1 Eichkurven (siehe Abbildungen 7 - 10, Tab. 1)

- a) Das Infrarotlichtgerät erreichte bei gleichem Konnektor die eingestellte Temperatur früher als das Heizstabgerät.

- b) Der Schwabing-Konnektor war im gleichen Gerät schneller auf der vorgegebenen Temperatur als der Fresenius-Konnektor.

3.6.2 Hitzeexposition über 10 Minuten (siehe Tab. 2)

- a) Alle Versuche mit dem Infrarotlichtgerät zeigten bei 70 und 80 Grad Celsius kein Keimwachstum mehr, waren also negativ.
- b) Unter Verwendung des Heizstabgerätes konnte sowohl beim Fresenius- als auch beim Schwabing-Konnektor bei 70 Grad Celsius je eine positive Kultur nachgewiesen werden. Bei 80 Grad Celsius waren alle Blutagarplatten steril.

3.6.3 Aufsteigende Reihen (Tab. 3, 4 und 5)

3.6.3.1 Gerätevergleich

Beim Vergleich der Geräte unter Verwendung des gleichen Konnektors und der gleichen Temperatur ließ sich feststellen, daß im Infrarotlichtgerät durchschnittlich schneller Keimfreiheit zu erzielen ist als im Heizstabgerät:

- a) Beim Schwabing-Konnektor und 70 Grad Celsius nach 4,3 Minuten gegenüber 4,5 Minuten im Heizstabgerät
- b) Beim Schwabing-Konnektor und 80 Grad Celsius nach 3,2 Minuten gegenüber 3,6 Minuten im Heizstabgerät

- c) Beim Fresenius-Konnektor und 70 Grad Celsius nach 4,7 Minuten gegenüber 5,1 Minuten im Heizstabgerät
- d) Beim Fresenius-Konnektor und 80 Grad Celsius nach 3,4 Minuten gegenüber 4,1 Minuten im Heizstabgerät

3.6.3.2 Konnektorvergleich

Bei gleichem Gerät und gleicher Temperatur war der Schwabing-Konnektor durchschnittlich immer schneller steril als der Fresenius-Konnektor.

- a) Im Infrarotlichtgerät bei 70 Grad Celsius mit 4,3 Minuten gegenüber 4,7 Minuten beim Fresenius-Konnektor.
- b) Im Infrarotlichtgerät bei 80 Grad Celsius mit 3,2 Minuten gegenüber 3,4 Minuten beim Fresenius-Konnektor.
- c) Im Heizstabgerät bei 70 Grad Celsius mit 4,5 Minuten gegenüber 5,1 Minuten beim Fresenius-Konnektor
- d) Im Heizstabgerät bei 80 Grad Celsius mit 3,6 Minuten gegenüber 4,1 Minuten beim Fresenius-Konnektor

3.6.3.3 Temperaturvergleich

Bei 80 Grad Celsius war bei gleichem Gerät und gleichem Konnektor schneller Keimfreiheit erreicht als bei 70 Grad Celsius. Dies nicht nur bei den Mittelwerten, son-

dern auch bei Betrachtung der Einzelwerte.

- a) Bei 70 Grad Celsius ließen sich bei Benutzung des Infrarotlichtgerätes am Fresenius-Konnektor noch zweimal nach sechs Minuten *Staphylococcus epidermidis* feststellen. Der Schwabing-Konnektor war nach spätestens fünf Minuten keimfrei.
- b) Bei 70 Grad Celsius waren im Heizstabgerät mit dem Fresenius-Konnektor viermal auch nach sechs Minuten noch Keime nachweisbar, mit dem Schwabing-Konnektor bei gleicher Zeit noch einmal.
- c) Der Schwabing-Konnektor war im Infrarotlichtgerät bei 80 Grad Celsius nach spätestens vier Minuten, der Fresenius-Konnektor einmal erst nach sechs Minuten keimfrei.
- d) Beim Heizstabgerät und 80 Grad Celsius war der Schwabing-Konnektor ebenfalls nach spätestens vier Minuten, der Fresenius-Konnektor bei zwei Versuchen erst nach fünf Minuten keimfrei.

3.6.3.4

- a) Die kürzeste mittlere Desinfektionszeit wurde unter Verwendung des Infrarotlichtgerätes und des Schwabing-Konnektors bei 80 Grad Celsius mit 3,2 Minuten erreicht.
- b) Am längsten dauerte mit durchschnittlich 5,1 Minuten die Desinfektionszeit unter Verwendung des

Heizstabgerätes in Verbindung mit dem Fresenius-Konnektor bei 70 Grad Celsius.

3.6.4

Alle Keimkontrollen waren positiv.

3.6.5

An den Konnektoren, welche bis zu zwanzigmal wiederverwendet wurden, trat während und nach Abschluß der Versuche nur einmal eine Beschädigung des Dichtungsringes an einem Fresenius-Konnektor auf. Das Plastikmaterial wurde jedoch nie verformt.

3.6.6

Die Geräte arbeiteten ohne technische Defekte. Bei zahlreichen, während der Versuche durchgeführten Kontrollen zeigte sich eine zufriedenstellende Konstanz der eingestellten Temperatur.

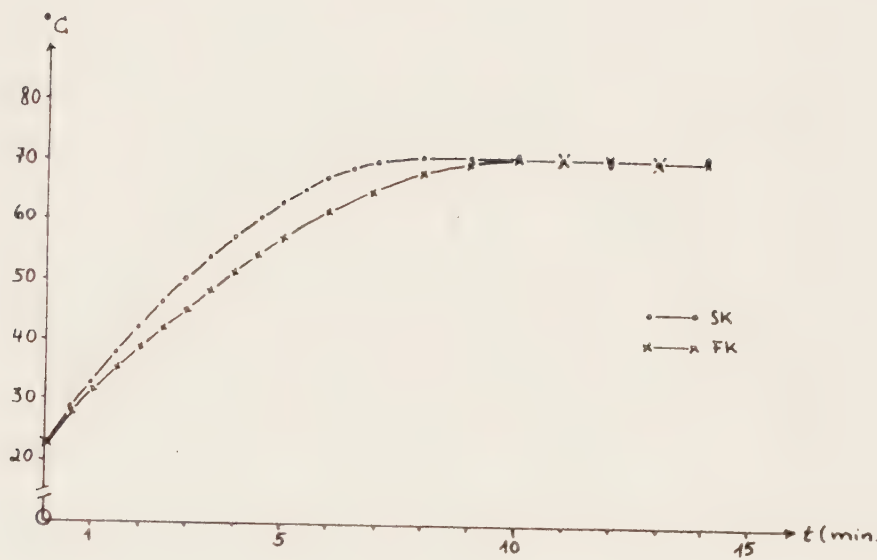


Abb. 7: Eichkurve mit Heizstabgerät, Endtemperatur 70° C

SK = Schwabing Konnektor
FK = Fresenius Konnektor

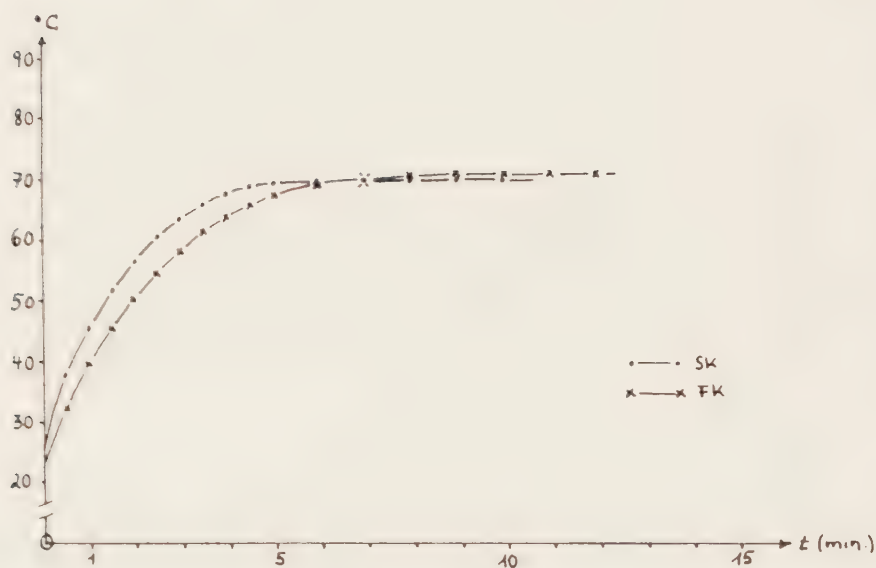


Abb. 8: Eichkurve mit Infrarotgerät, Endtemperatur 70° C

SK = Schwabing-Konnektor

FK = Fresenius-Konnektor

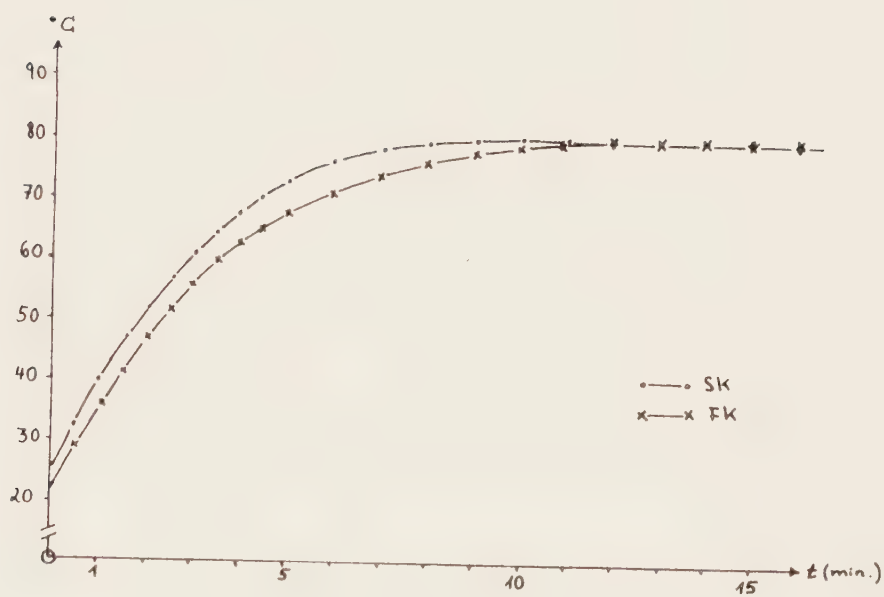


Abb. 9: Eichkurve mit Heizstabgerät, Endtemperatur 80° C.

SK = Schwabing-Konnektor

FK = Fresenius-Konnektor

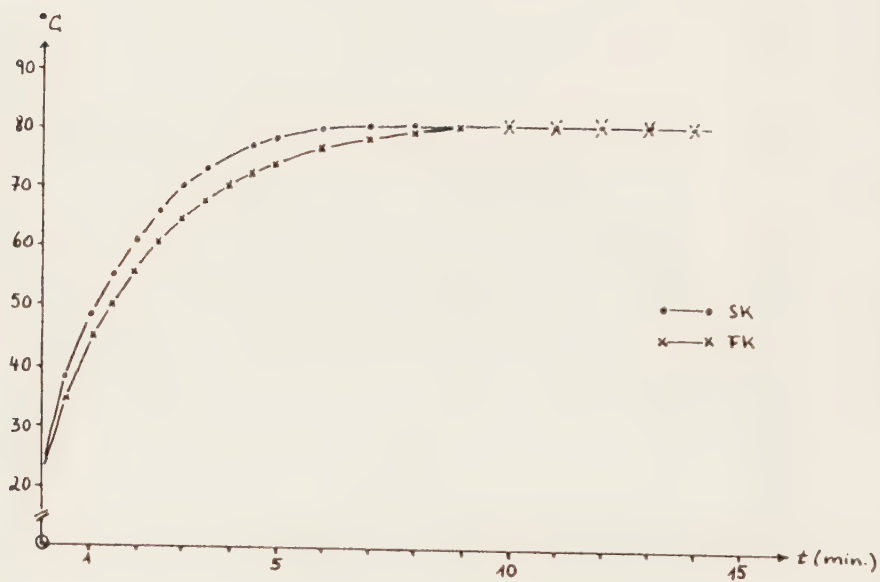


Abb. 10: Eichkurve mit Infrarotgerät, Endtemperatur 80° C.

SK = Schwabing-Konnektor

FK = Fresenius-Konnektor

INFRAROTLICHTGERÄT				HEIZSTABGERÄT			
70° C		80° C		70° C		80° C	
SK	FK	SK	FK	SK	FK	SK	FK
5'	7'	6'	9'	7'	9'	9'	11'

Tab. 1: Zeitpunkte (Min.), nach denen die vorgegebene Temperatur (70° C resp. 80° C) in den beiden Geräten mit den unterschiedlichen Konnektoren erreicht wird.

SK = Schwabing-Konnektor
 FK = Fresenius-Konnektor

HEIZSTABGERÄT		INFRAROTLICHTGERÄT	
Schwabing-Konnektor			
Temp.	70° C	Temp.	70° C
n	20	n	20
Ergebnis	1 x positiv	Ergebnis	alle negativ
Fresenius-Konnektor			
Temp.	80° C	Temp.	80° C
n	20	n	20
Ergebnis	alle negativ	Ergebnis	alle negativ
Schwabing-Konnektor			
Temp.	70° C	Temp.	70° C
n	20	n	20
Ergebnis	1 x positiv	Ergebnis	alle negativ
Fresenius-Konnektor			
Temp.	80° C	Temp.	80° C
n	20	n	20
Ergebnis	alle negativ	Ergebnis	alle negativ

Tab. 2: 10-Minuten-Versuche. Vergleich der Geräte bei den unterschiedlichen Konnektoren und Temperaturen

HEIZSTABGERÄT

INFRAROTLICHTGERÄT

SCHWABING-KONNEKTOR

Temp. (° C)	Versuchs- Nr.	Zeit bis Keimfrei- heit (Min.)	Temp. (° C)	Versuchs- Nr.	Zeit bis Keimfrei- heit (Min.)
70	1	4	70	1	5
	2	3		2	4
	3	4		3	5
	4	5		4	3
	5	4		5	4
	6	5		6	4
	7	5		7	5
	8	4		8	4
	9	6		9	4
	10	5		10	5

(Fortsetzung Tabelle 3 nächste Seite!)

(Fortsetzung Tabelle 3)

HEIZSTABGERÄT			INFRAROTLICHTGERÄT		
SCHWABING-KONNEKTOR					
Temp. (° C)	Versuchs- Nr.	Zeit bis Keimfrei- heit (Min.)	Temp. (° C)	Versuchs- Nr.	Zeit bis Keimfrei- heit (Min.)
80	1	3	80	1	4
	2	3		2	3
	3	4		3	2
	4	4		4	3
	5	4		5	2
	6	3		6	4
	7	4		7	4
	8	3		8	3
	9	4		9	3
	10	4		10	4

Tab. 3: Aufsteigende Reihen. Vergleich der Geräte unter Verwendung des Schwabing-Konnektors bei 70° C und 80° C.

Angegeben ist der Zeitpunkt (Min.) der ersten keimfreien Kultur.

HEIZSTABGERÄT

INFRAROTLICHTGERÄT

FRESENIUS-KONNEKTOR

Temp. (° C)	Versuchs- Nr.	Zeit bis Keimfrei- heit (Min.)	Temp. (° C)	Versuchs- Nr.	Zeit bis Keimfrei- heit (Min.)
70	1	5	70	1	4
	2	6		2	6
	3	5		3	5
	4	4		4	5
	5	4		5	4
	6	6		6	6
	7	6		7	5
	8	5		8	4
	9	4		9	4
	10	6		10	4

(Fortsetzung Tabelle 4 siehe nächste Seite!)

(Fortsetzung Tabelle 4)

HEIZSTABGERÄT			INFRAROTLICHTGERÄT		
FRESENIUS-KONNEKTOR					
Temp. (° C)	Versuchs- Nr.	Zeit bis Keimfrei- heit (Min.)	Temp. (° C)	Versuchs- Nr.	Zeit bis Keimfrei- heit (Min.)
80	1	3	80	1	4
	2	4		2	4
	3	4		3	3
	4	4		4	4
	5	4		5	4
	6	5		6	3
	7	4		7	3
	8	5		8	2
	9	4		9	4
	10	4		10	3

Tab. 4: Aufsteigende Reihen. Vergleich der Geräte unter Verwendung des Fresenius-Konnektors bei 70° C und 80° C. Angegeben ist der Zeitpunkt (Min.) der ersten keimfreien Kultur.

INFRAROTGERÄT			
Konnektor	Anzahl der Versuche	eingestellte Innentemp. (° C)	Keimfreiheit Mittelwert (Min.)
Fresenius	10	70	4,7
	10	80	3,4
Schwabing	10	70	4,3
	10	80	3,2
HEIZSTABGERÄT			
Fresenius	10	70	5,1
	10	80	4,1
Schwabing	10	70	4,5
	10	80	3,6

Tab. 5: Durchschnittliche Zeitdauer bis zum Erreichen von Keimfreiheit bei den aufsteigenden Reihen

3.7 Diskussion

Hauptkomplikation der chronischen Peritonealdialysebehandlung ist die Peritonitis (10, 22, 33, 35, 39, 44, 47, 53).

Bereits in seiner ersten Veröffentlichung hat Popovich, der Initiator der kontinuierlichen ambulanten Peritonealdialyse (CAPD) darauf hingewiesen, daß eine weitere Verbreitung der CAPD wesentlich von der Eindämmung des Peritonitis-Risikos abhängen wird (59). Als Hauptursache gilt die manuelle Kontamination des Konnektors während der Beutelwechsel. Nur in 10-20 % der Fälle liegt eine Tunnelinfektion, d.h. eine Infektion entlang dem Katheterkanal, mit der Kathetereintrittsstelle als primärem Kontaminationsort, vor.

Häufigster Keim bei Peritonealdialyse induzierter Peritonitis ist der Staphylococcus epidermidis (33, 46, 47, 55, 65, 74), welcher deshalb als Referenzkeim gewählt wurde. Nach Eintritt einer Peritonitis, welche sich in trübem Auslauf, evtl. auftretenden Bauchschmerzen und Fieber zu erkennen gibt, ist die Behandlung durch direktes Zumischen von Antibiotika zum Beutelinhalt und/oder durch systemische Applikation möglich.

Doch hat sich das Interesse zur Verhinderung einer Peritonitis im Laufe der letzten Jahre zunehmend auf prophylaktische Maßnahmen verlagert. So wurde ein Schlauchsystem mit y-förmigem Zwischenstück entwickelt, welches zwischen den Beutelwechsel zum Spülen mit einem chemischen Desinfektionsmittel benutzt wird (9).

Ferner wurde vorgeschlagen (70), Bakterienfilter im Überleitungsgerät anzubringen. Des weiteren ist ein Ge-

rät konstruiert worden, in welches nach Konnektion der beim Beutelwechsel benutzte Konnektor eingelegt und durch UV-Licht desinfiziert wird. Überwiegend wurde in der Literatur keine Reduktion der Peritonitisrate hierbei verzeichnet (30, 31, 49).

Nachdem mit den dargestellten Methoden eine kontaminationsbedingte Peritonitis nicht vollständig zu verhindern ist, erschien es sinnvoll, ein Gerät zur Desinfektion des Konnektors auf Hitzebasis zu entwickeln. Hierbei gibt es verschiedene Möglichkeiten der Hitzeerzeugung: Heizstäbe, Infrarotlicht oder Mikrowellen. Letztere erschienen jedoch nicht geeignet, da ihre Wirkung auf Flüssigkeiten beschränkt ist und nicht benetzte Konnektorteile somit nicht erfaßt werden.

Unter diesen Aspekten wurden zwei Geräte - eines auf Heizstabbasis und eines auf Infrarotlichtbasis - konzipiert und mittels technischer Unterstützung der Firma Dialysetechnik realisiert. Im Prinzip unterscheiden sich beide Geräte nur durch die Art der Hitzequelle, wobei sie jeweils aus zwei getrennten Teilen, nämlich einer Steuereinheit und einer eigentlichen Desinfektionsbox bestehen.

In diese Desinfektionsbox kann vom Patienten ohne Schwierigkeiten der zu benutzende Konnektor eingelegt werden. Nach Einschalten des Gerätes wird ein Desinfektionszyklus in Gang gesetzt, der aus einer Aufheiz-, Desinfektions- und Abkühlphase besteht, an deren Ende der Konnektor wieder aus der Desinfektionsbox herausgenommen wird.

Das praktische Problem jeder Desinfektionsmaßnahme am Konnektor ist einerseits der zeitliche Aufwand, den der

Patient für einen derartigen Desinfektionszyklus benötigt. Dieser Zeitaufwand sollte möglichst kurz sein und eine Gesamtzeit von zehn Minuten nicht überschreiten, um bei viermaligem Beußelwechsel täglich die zeitliche Gesamtbelastung des Patienten in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Auf der anderen Seite muß aber eine sichere Bakterizidie gewährleistet sein.

Es wurden zwei unterschiedliche Temperaturen zunächst deshalb gewählt, um im Hinblick auf die Beständigkeit des Konnektormaterials Erfahrung zu sammeln, wobei beide Temperaturbereiche aber oberhalb der zur Keimabtötung notwendigen Temperatur (67) lagen. Nachdem sich weder bei 70 Grad Celsius noch bei 80 Grad Celsius eine Beschädigung des Konnektormaterials nachweisen ließ, erscheint eine weitere Temperaturerhöhung der Desinfektionsbox möglich.

Im Vergleich beider Geräte bestand bei Hitzeexposition über zehn Minuten unter Verwendung des Heizstabgerätes bei 70 Grad Celsius sowohl mit dem Fresenius- wie auch Schwabing-Konnektor, nach Ablauf der vorgegebenen Zeit - im Gegensatz zum Infrarotlichtgerät - je einmal ein Keimwachstum. Dies bedeutet, daß bei dieser Temperatur im Heizstabgerät keine gesicherte Desinfektion von Konnektoren gewährleistet ist. Hieraus ergibt sich die praktische Konsequenz, daß nur die Temperatur von 80 Grad Celsius im Heizstabgerät anwendbar ist, da hier sämtliche Kulturen steril waren.

Das Ergebnis zeigt auch, daß mit dem Infrarotlichtgerät eine schnellere Konnektordesinfektion als mit dem Heizstabgerät zu erzielen ist.

Zur Klärung der Frage, nach welcher Zeit Bakterizidie

mit beiden Geräten eintritt, wurden aufsteigende Reihen angefertigt. Die Ergebnisse belegen, daß bei gleicher Temperatur und bei gleichem Konnektor mit dem Infrarotlichtgerät im Durchschnitt schneller Keimfreiheit erreicht wird als mit dem Heizstabgerät. Die Erklärung hierfür liegt in der schnelleren Aufheizphase des zuerst genannten Gerätes, welches rascher seine Endtemperatur erreicht, wie sich aus den Eichkurven ersehen läßt.

Vergleicht man beide unterschiedliche Konnektoren unter Anwendung des gleichen Gerätes und der gleichen Temperatur, so zeigt sich bei allen Versuchen eine kürzere mittlere Desinfektionszeit des Schwabing-Konnektors gegenüber dem Fresenius-Konnektor.

Als Ursache hierfür muß das geringere Gewicht des ersten angenommen werden, da der Anstieg der Innentemperatur um so schneller erfolgt, je dünner die durchdringende Konnektorwandung ist. So ist auch als Bestätigung zu werten, daß die kürzeste mittlere Desinfektionszeit - 3,2 Minuten - unter Verwendung des Infrarotlichtgerätes und des Schwabing-Konnektors bei 80 Grad Celsius, die längste Desinfektionszeit - 5,1 Minuten - mit dem Heizstabgerät und Fresenius-Konnektor bei 70 Grad Celsius erzielt wurde.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann gesagt werden, daß im experimentellen Modellversuch mit Hilfe speziell hierfür entwickelter Hitzedesinfektionsgeräte eine zuverlässige Desinfektion von Konnektoren, die für die CAPD und CCPD Anwendung finden, nach Kontamination mit *Staphylococcus epidermidis* stattfindet. Es konnte gezeigt werden, daß die kürzeste Desinfektionszeit bei der Kombination des Infrarotlichtdesin-

fektionsgerätes mit dem Schwabing-Konnektor bei 80 Grad Celsius erzielt wurde.

Somit steht für die Peritonealdialyse-Behandlung erstmals eine Desinfektionsmethode durch Hitzeexposition zur Verfügung, die bei Kontamination mit dem häufigsten Peritonitiserreger, dem *Staphylococcus epidermidis*, bei Konnektoren zuverlässige Keimfreiheit ermöglicht.

Weitere Versuche sind notwendig, um die Empfindlichkeit anderer relevanter Keime festzustellen.

Nachdem sich das Konnektormaterial als temperaturbeständig erwies, bedarf auch die Frage einer weiteren Temperaturerhöhung, zur Verkürzung der Desinfektionszeit, der Klärung. Die zuletzt erwähnten Punkte sind Gegenstand einer nachfolgenden Untersuchung.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der vorliegenden experimentellen Arbeit war es zu prüfen, inwieweit Hitzeeinwirkung auf kontaminierte Peritonealdialyse-Konnektoren in der Lage ist, eine zuverlässige Desinfektion zu erzielen, um damit in praxi eine Peritonitis, welche als Hauptkomplikation der chronischen Peritonealdialyse gilt, verhindern zu können.

Zu diesem Zweck wurden zwei Geräte - eines auf Heizstab- das andere auf Infrarotlichtbasis - entwickelt. Diese Geräte wurden vergleichend in ihrer Effektivität getestet, wobei zwei Konnektoren unterschiedlichen Typs Verwendung fanden: Ein Safe-lock-Konnektor (Fresenius-Konnektor) und ein im Krankenhaus Schwabing konstruierter Konnektor.

Als Referenzkeim zur Kontamination der Konnektoren wurde *Staphylococcus epidermidis* gewählt, da er der häufigste Erreger einer Peritonitis unter Peritonealdialyse-Behandlung ist.

Die Hitzedesinfektionsgeräte wurden so geeicht, daß die Konnektorinnentemperatur wahlweise bei 70 Grad Celsius oder 80 Grad Celsius lag. Diese Temperaturen reichen zur Abtötung von *Staphylococcus epidermidis* aus, doch sollte hiermit auch eine Aussage über die Beständigkeit des Plastik-Konnektormaterials ermöglicht werden.

Für alle acht verschiedenen Kombinationen zwischen Geräten, Konnektoren und Temperaturen lag die Hitzeexpositionszeit in der ersten Versuchsreihe bei zehn Minuten. In der zweiten Versuchsreihe wurden von der ersten bis zur sechsten Minute im Abstand von einer Minute Kulturen angelegt, um den genauen Zeitpunkt des Ein-

trittes der Keimfreiheit festzustellen.

Die Beimpfung der Konnektoren erfolgte mittels steriler Watteträger. Nach Hitzeexposition wurden die Konnektoren mittels in Nährlösung getauchter Wattestäbchen abgestrichen, mit diesen wiederum Blutagarplatten beimpft und 24 Stunden bei 37 Grad Celsius bebrütet.

Die Ergebnisse belegen, daß mit dem Infrarotlichtgerät schneller Keimfreiheit eintritt als mit dem Heizstabgerät, da eine schnellere Hitzeentwicklung im Infrarotlichtgerät zu erzielen war. Dies ließ sich bereits durch die Eichkurven der Geräte dokumentieren.

Weiterhin war festzustellen, daß unter Verwendung des Schwabing-Konnektors die beimpften Blutagarplatten rascher keimfrei waren als mit dem Fresenius-Konnektor. Dies wird durch das geringere Gewicht des ersteren mit schnellerer Temperaturpenetration erklärt. Auch erwies sich erwartungsgemäß die höhere Temperatur von 80 Grad Celsius derjenigen von 70 Grad Celsius als überlegen.

Eine logische Konsequenz aus diesen Befunden ist die Tatsache, daß das beste Ergebnis - 3,2 Minuten - mit dem Infrarotlichtgerät bei 80 Grad Celsius unter Einsatz des Schwabing-Konnektors; das schlechteste Ergebnis - 5,1 Minuten - mit dem Heizstabgerät und Fresenius-Konnektor bei 70 Grad Celsius erzielt wurde. Eine Beschädigung der bis zu zwanzigmal wiederverwendeten Konnektoren aus Plastikmaterial konnte nicht nachgewiesen werden.

Nachdem die Geräte mit guter Temperaturkonstanz technisch ohne Probleme und bei dem Referenzkeim *Staphylococcus epidermidis* effektiv arbeiteten, wurde diese

neue Methode der Konnektordesinfektion im stationären Bereich bei der Peritonealdialysebehandlung als ergänzende Maßnahme übernommen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Albee, R.H., Mayfield, J.L.: Successful treatment of a case of uremia by means of peritoneal irrigation
Milit. Surg. 102 (1948), 348
2. Ash, S.R., Horswell, R., Heeter, E.M., Bloch, R.: Effect of the Peridex-Filter on peritonitis rates in a CAPD population
Perit. Dial. Bull. 3 (1983), 89
3. Balazs, J., Rosenak, S.: Zur Behandlung der Sublimatanurie durch peritoneale Dialyse
Wien. Klin. Wschr. 47 (1934), 851
4. Berger, M.: Diagnostische Wertigkeit des glycolysierten Hämoglobins (HBA_{1c})
Dtsch. Ärztebl. 81 (1984), 1464
5. Bielawa, R.J., Carr, L.L., Bousquet, G.G.: Intraluminal thermosterilisation using a microwave autoclave
Abstr. III. Intern. Symp. on Peritoneal dialysis, Washington (1984), 5
6. Bloxsom, A., Powell, N.: The treatment of acute temporary dysfunction of kidneys by peritoneal irrigation
Pediatrics 1 (1948), 52
7. Blumenkrantz, M.J., Shapiro, D.J., Mimura, N.: Maintenance peritonealdialysis as an alternative in the patient with diabetes mellitus and end-stage uremia

Kidney Intern. 6 (1974), 108

8. Brunner, H., Mann, H.: Mittelmoleküle als Urämie-toxine, in: Klinische Nephrologie, ed. H. Losse, E. Renner. Thieme-Verlag, Stuttgart (1982), 489
9. Buoncristiani, U., Carobi, C., Cozaari, M., Quintaliani, M., Barbarossa, D.: A new simple and safe connection system for CAPD
Abstr. EDTA (1980), 14
10. Chan, M.K., Chuah, P., Rafferty, M.J., Baillod, R.A., Sweny, P., Varghese, Z., Moorhead, J.F.: Three years' experience of continuous ambulatory peritoneal dialysis
Lancet I (1981), 1409
11. Criege, C.P., Neuhaus, K.L., Kreuzer, H.: Einfluß der Dauerperitonealdialyse auf die Lungenfunktion
Nieren- & Hochdruckkr. 5 (1979), 205
12. Diaz-Buxo, J.A., Walker, P.J., Chandler, J.D., Farmer, C.D., Holt, K.L.: Continuous cyclic peritoneal dialysis
Contemp. Dialysis 2 (1981), 23
13. Diaz-Buxo, J.A., Farmer, C.D., Walker, P.J., Chandler, J.D., Holt, K.L.: Continuous cyclic peritoneal dialysis: a preliminary report
Abstr. Int. Soc. Artif. Organs 5 (1981), 157
14. Farrell, P.C., Randerson, D.H.: Long term nutritional and clearance status in CAPD-pa-

tients

Contemp. Dial. 1 (1980), 45

15. Flückiger, R., Harmon, W., Meier, W., Loo, S., Gabby, K.H.: Hemoglobin carbamylation in uremia
New Engl. J. Med. 304 (1981), 823
16. Flynn, C.T., Hibbard, J., Dohrmann, B.: Advantages of CAPD to the diabetic with renal failure
Abstr. EDTA 16 (1979), 29
17. Flynn, C.T., Nanson, J.A.: Intraperitoneal insulin with CAPD - an artificial pancreas
Abstr. ASAIO (1979), 43
18. Franz, H.E.: Blutreinigungsverfahren
Thieme-Verlag, Stuttgart (1981)
19. Fuchs, C.: Zur Technik der Dauerperitonealdialyse
Nieren- & Hochdruckkr. 5 (1979), 183
20. Gabbay, K.H., Sosenko, J.M., Banuchi, G.A., Mininsohn, M.J., Flückiger, R.: Glycolysated hemoglobins: Increased glycolysation of hemoglobin A in diabetic patients
Diabetes 28 (1979), 337
21. Ganter, G.: Über die Beseitigung giftiger Stoffe aus dem Blute durch Dialyse
Münch. Med. Wschr. 70 (1923), 1478
22. Gloor, H.J., Nichols, W.K., Sorkin, M.J., Prowant, B.F., Nolph, K.D.: Peritoneal access and related complications in continuous ambulatory

peritoneal dialysis

Am. J. Med. 74 (1983), 593

23. Gosselin, R.E., Berndt, W.O.: Diffusional transport of solutes through mesentery and peritoneum
J. Theor. Biol. 3 (1962), 487
24. Graham, T.: Liquid diffusion applied to analysis
Proc. Roy. Soc. (London), 151 (1961), 183
25. Grollman, A., Turner, L.B., McLean, J.A.: Intermittent peritoneal lavage in nephrectomized dogs and its application to the human being
Arch. Intern. Med. 87 (1951), 379
26. Grossman, L.A., Ory, E.M., Willoughby, D.H.: Anuria treated by peritoneal irrigation
J. Am. Med. Ass. 135 (1947), 273
27. Gutman, R.A.: Toward enhancement of peritoneal clearance
Dial. & Transpl. 8 (1979), 1072
28. Henderson, L.W.: The problem of peritoneal membrane area and permeability
Kidney Intern 3 (1973), 409
29. Heusser, H., Werder, H.: Untersuchungen über die Peritonealdialyse
Bruns Beitr. Klin. Chir. 141 (1927), 38
30. Holmes, C.J., Miyake, C., Kubey, W.: In vitro evaluation of an ultraviolet germicidal connection system for CAPD

Perit. Dial. Bull. 4 (1984), 215

31. Jensen, W.M., Ahmad, S.: Evaluation of a germicidal device for peritoneal dialysis connectors
Perit. Dial. Bull. 4 (1984), 219
32. Karnovsky, M.J.: The ultrastructural basis of capillary permeability, studies with peroxides as a tracer
J. Cell. Biol. 35 (1967), 213
33. Meema, H.E., Husdan, H., Ogilvie, R., Zellerman, G.: Continuous ambulatory peritoneal dialysis after three years: Still a promising treatment
Perit. Dial. Bull. 1 (1981), 24
34. Khanna, R., Dombros, N., Williams, P., Blair, R.D., Oreopoulos, D.G.: CAPD in the treatment of diabetics with end-stage renal disease
Abstr. Perit. Dial. Sympos. II, Berlin (1981), 43
35. Khanna, R., Oreopoulos, D.G.: Three years experience with continuous ambulatory peritoneal dialysis
Abstr. II. Intern. Sympos. on Peritonealdialysis, Exc. Med. (1981), 191
36. Kuhlmann, H., Thomae, U., Herrmann, M., Büchele, W., Boos, W.: Kontinuierliche cyclische Peritonealdialyse (CCPD) - eine Alternative zur kontinuierlichen ambulanten Peritonealdialyse (CAPD)?

Nieren- & Hochdruckkr. 12 (1983), 472

37. Kuhlmann, H., Thomae, U.: CAPD - eine Alternative in der Dialysebehandlung niereninsuffizienter Diabetiker?
Med. Welt 31 (1980), 1140
38. Kuhlmann, H., Thomae, U.: Kontinuierliche ambulante Peritonealdialyse bei terminal niereninsuffizienten Diabetikern
Med. Klinik 76 (1981), 169
39. Lameire, N., Ringoir, S.: An overview of peritonitis and other complications in continuous ambulatory peritoneal dialysis. In: Continuous ambulatory peritoneal dialysis, ed. M. Le-grain
Exc. Med. (1980), 229
40. Maiorca, R., Cantaluppi, A., Cancarini, G.C., Scalamogna, A., Strada, A.: Y-Connector system for prevention of peritonitis
Abstr. EDTA (1983), 21
41. Maxwell, M.H., Rockney, R.E., Kleeman, C.R., Twiss, M.R.: Peritoneal dialysis. I. Technique and applications
J. Am. Med. Ass. 170 (1959), 917
42. Milutinovic, J.: Peritonealdialysis
Dial. & Transpl. 9 (1980), 576
43. Mitschell, J., Frohnert, P., Kurtz, S., Anderson, C.: Chronic peritoneal dialysis in juvenile-onset diabetes mellitus, a comparison with

hemodialysis

Majo Clinic Proc. 53 (1978), 775

44. Moncrief, J.W.: Continuous ambulatory peritoneal dialysis
Dial. & Transpl. 8 (1979), 1077
45. Nolph, K.D.: Effects of intraperitoneal vasodilators on peritoneal clearances
Dial. & Transpl. 7 (1978), 812
46. Nolph, K.D., Prowant, B.: Complications during continuous ambulatory peritoneal dialysis.
In: Continuous ambulatory peritoneal dialysis, ed. M. Legrain
Exc. Med. (1980), 258
47. Nolph, K.D., Sorkin, M.J., Prowant, B., Gloor, H.: Changes in the incidence and characteristics of peritonitis in the fourth year of a CAPD program
Abstr. II. Intern. Sympos. Perit. Dial., Berlin (1981), 73
48. Nolph, K.D., Sorkin, M.J.: Diagnosis and treatment of peritonitis.
In: CAPD-Sympos., Austin/Texas (1980), 76
49. Nolph, K.D.: A randomized multicenter clinical trial to evaluate the effects of an ultra-violet germicidal system on peritonitis rate in CAPD
Perit. Dial. Bull. 5 (1985), 19
50. Oreopoulos, D.G., Robson, M., Jzatt, S., Clayton,

- S., de Veber, G.A.: A simple and safe technique for continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD)
Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs 24 (1978), 484
51. Oreopoulos, D.G., Khanna, R., McCready, W., Vas, S., Jzatt, S., Zellerman, G.: Intermittent peritoneal dialysis in the hospital
Dial. & Transpl. 9 (1980), 231
52. Oreopoulos, D.G., Khanna, R., McCready, W., Katirtzoglou, A., Vas, S.: Continuous ambulatory peritoneal dialysis in Canada
Dial. & Transpl. 9 (1980), 224
53. Oreopoulos, D.G.: The coming of age of continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD)
Dial. & Transpl. 8 (1979), 460
54. Oreopoulos, D.G., Khanna, R., Vas, S.: Peritonitis in patients on CAPD. In: Advances in peritoneal dialysis, ed. M. Gahl
Exc. Med. (1981), 261
55. Oreopoulos, D.G.: Selection criteria and clinical results of continuous ambulatory peritoneal dialysis. In: Continuous ambulatory peritoneal dialysis, ed. M. Legrain
Exc. Med. (1980), 101
56. Perras, R.N.: Identifying candidates for CAPD
Dial. & Transpl. 10 (1981), 108
57. Popovich, R.P., Moncrief, J.W., Decherd, J.F., Bo-

- mar, J.B., Pyle, W.K.: The definition of a novel portable/wearable equilibrium peritoneal dialysis-technique
Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs 22 (1976), 64
58. Popovich, R.P., Moncrief, J.W., Nolph, K.D., Ghods, A.J., Twardowski, Z.J., Pyle, W.K.: Continuous ambulatory peritoneal dialysis
Ann. Intern. Med. 88 (1978), 449
59. Price, C.G., Suki, W.N.: Automated prolonged dwell peritoneal dialysis
Abstr. Southeastern Dial. & Transpl. Ass. 15 (1980), 32
60. Price, J.D., Moriarity, M.V.: Continuous ambulatory peritoneal dialysis: Selection criteria, failures and causes, deaths, diabetes mellitus. In: Continuous ambulatory peritoneal dialysis, ed. M. Legrain
Exc. Med. (1980), 113
61. Rao, T.K., Hirsch, S., Avram, M.M., Friedman, E.A.: Marked increase in prevalence of diabetes and aged undergoing maintainance hemodialysis
Abstr. Am. Soc. Artif. Intern. Organs 7 (1978), 48
62. Rhoads, J.E.: Peritoneal lavage in the treatment of renal insufficiency
Am. J. Med. Sci. 196 (1938), 642
63. Rosenak, S., Siwon, P.: Experimentelle Untersu-

chungen über die peritoneale Ausscheidung
harnpflichtiger Substanzen aus dem Blut
Mitt. Grenzgeb. Med. Chir. 39 (1926), 391

64. Rottembourg, J., Jacq, D., Singlas, E., N'Guyen, M.: Medical management of peritonitis. In: Continuous ambulatory peritoneal dialysis, ed. M. Legrain
Exc. Med. (1980), 248
65. Rubin, J., Oreopoulos, D.G., Blair, G.R., Chisholm, L., Meema, H., deVeber, G.: Chronic peritoneal dialysis in the management of diabetics with terminal renal failure
Nephron 19 (1977), 195
66. Schade, D.S., Eaton, R.P., Spencer, W., Goldman, R., Corbett, W.T.: The peritoneal absorption of insulin in diabetic man: A potential site for a mechanical insulin delivery system
Metabolism 28 (1979), 195
67. Schmidt-Lorenz, W.: Mikrobiologisch-hygienische Anforderungen an die technischen Erhitzungs- und Abkühlverfahren
Swiss food 1 (1979), 27
68. Schünemann, B., Falda, Z., Mergerian, H., Quellhorst, E.: Klinische Erfahrungen mit der Dauerperitonealdialyse
Nieren- & Hochdruckkr. 5 (1979), 193
69. Slingeneyer, A., Mion, C.: Peritonitis prevention in CAPD: Long term efficiency of a bacteriological filter

Abstr. EDTA (1982), 134

70. Starling, E.H., Tubby, A.H.: On absorption from and secretion into the serous cavities
J. Physiol. (London) 16 (1894), 140
71. Tenckhoff, H., Schechter, H.: A bacteriologically safe peritoneal access device
Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs 1 (1965), 11
72. Tenckhoff, H., Shilipetar, G., Boen, S.T.: One year's experience with home peritoneal dialysis
Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs 11 (1965), 11
73. Tenckhoff, H.: Chronic peritoneal dialysis manual
Univ. of Washington, Seattle (1974)
74. Thomae, U., Kuhlmann, H.: Möglichkeiten der Insulinapplikation bei niereninsuffizienten Diabetikern unter CAPD-Behandlung
Med. Welt 31 (1980), 1202
75. Thomae, U., Kuhlmann, H., Boos, W., Herrmann, M., Eberhard, K.: Das Verhalten von Insulin- und Glucosespiegel bei niereninsuffizienten Diabetikern unter CAPD
Med. Welt 31 (1980), 1599
76. Thomae, U., Kuhlmann, H., Herrmann, M., Büchele, W.: Stoffwechselfparameter bei terminal niereninsuffizienten Diabetikern unter CAPD und CCPD

Dtsch. Med. Wschr. 109 (1984), 941

77. Thomae, U.: CAPD and insulin-dependent diabetics with terminal renal failure
Contemp. Dial. 3 (1982), 29
78. Thomae, U., Kuhlmann, H.: Glycohämoglobin bei Diabetikern unter CAPD-Behandlung
Nieren- & Hochdruckkr. 12 (1983), 492
79. Thomae, U., Kuhlmann, H.: Fettstoffwechsel bei nie-reninsuffizienten Diabetikern unter CAPD
Nieren- & Hochdruckkr. 11 (1982), 156
80. Thomae, U., Kuhlmann, H., Seyffart, G.: CAPD bei Diabetikern mit terminaler Niereninsuffizienz
Wiss. Inform. (Fa. Fresenius) 14 (1981), 105
81. Thomae, U., Boos, W., Adam, D.: Transperitoneale Resorption von Oxacillin, Azlocillin und Sisomicin unter kontinuierlicher ambulanter Peritonealdialyse (CAPD) bei Patienten mit und ohne Peritonitis
Med. Welt 32 (1981), 1365
82. Thomae, U., Boos, W., Adam, D.: Transperitoneale Resorption von Ampicillin, Cefuroxim und Gentamicin unter kontinuierlicher ambulanter Peritonealdialyse
Med. Welt 33 (1982), 182
83. Wear, J.B., Sisk, J.R., Trinkle, A.J.: Peritoneal lavage in the treatment of uremia
J. Urol. (Baltimore) 39 (1938), 53

84. Wegner, G.: Chirurgische Bemerkungen über die Peritonealhöhle mit besonderer Berücksichtigung der Ovariectomie
Langenbeck's Arch. Klin. Chir. 20 (1877), 51
85. Weston, R.E., Roberts, M.: Stylet-catheter for peritoneal dialysis
Lancet I (1965), 1049
86. Weston, R.E., Roberts, M.: Clinical use of stylet-catheter for peritoneal dialysis
Arch. Intern. Med. 115 (1965), 659
87. Williams, P., Khanna, R., Oreopoulos, D.G.: Peritonitis in patients on CAPD - no longer a controversy
Dial. & Transpl. 10 (1981), 272
88. Williams, P., Pantalony, D., Vas, S., Khanna, R., Oreopoulos, D.G.: The value of dialysate cell count in the diagnosis of peritonitis in patients on CAPD
Perit. Dial. Bull. 1 (1981), 59

Für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Gestaltung der Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. med. H. Kuhlmann meinen herzlichsten Dank ausdrücken.

LEBENS LAUF

Geboren am 20.10.1944 als erstes von 4 Kindern der Eheleute Johann und Anna Jenuwein geb. Ritzler in Marktbreit bei Würzburg. Mein Vater war Städt. Angestellter.

1950 - 1960 Besuch von Volks- und Mittelschule in Augsburg

1961/62 Besuch der Arzthelferinnenschule in Stuttgart

1962 - 1965 Berufstätigkeit als Arzthelferin in Augsburg und München

Jan. 1965 Verheiratung mit Dr. Ulrich Thomae; im gleichen Jahr Geburt unseres Sohnes

1965 - 1974 Sekretärin der Bayerischen und Deutschen Röntgengesellschaft

1975 - 1977 Vorbereitung für Begabtenabitur

Mai 1977 Ablegung des Begabtenabiturs in Berlin

1979 - 1986 Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Nov. 1986 Abschluß des Medizinstudiums mit dem Dritten Staatsexamen

Dez. 1986 Erteilung der Approbation als Ärztin

